

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN  
INGENIARITZAKO GRADUA

## GRADU AMAIERAKO LANA

***AUTOKONTSUMORAKO EGUZKI-INSTALAZIO  
FOTOVOLTAIKO BATEN DISEINUA ETA  
DIMENSIONAMENDUA PORTUGALETEKO  
LOS LLANOS KIROLGUNEAN***

**Ikaslea:** Sáenz Muga, Aitor

**Zuzendaria:** Otaegi Aizpeolea, Aloña

**Ikasturtea:** 2020-2021

**Data:** Portugaleten, 2021eko ekainaren 25ean

## Laburpena

---

Dokumentu honek Portugaleteko Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaiko baten diseinua eta dimentsionamendua garatzea izan du helburu. Kasu honetan, isolatutako eguzki-instalazioek eta sarera konektatutako autokontsumorako eguzki-instalazioek eskainitako alternatibak aztertuz kirolgunerako aukerarik egokiena zehaztu da. Izan ere, autokontsumorako eguzki-instalazio baten diseinua eta dimentsionamendua aurrera eramana da, non sorturiko soberakinak saltzen diren.

Hasteko, kirolgunearen eremu geografikoaren azterlanetan eguzki-panelen kokapen posibleak ikertu eta aukeratu dira. Baita eremu geografikoaren irradiazioari erreparatu zaio ere, kirolguneak eguzki-instalazio posible bat edukitzeko potentziala berretsiz. Lan honen barruan eguzki-instalazio fotovoltaikoa osatzen duten osagai nagusiak aukeratzeko alternatiben analisia planteatu da, eguzki-panelak edota inbertsorea aukeratzeko hala nola. Ondoren, isolatutako eguzki-instalazioaren bideragarritasuna aztertu da. Muturreko kasu hau aztertzerakoan eta urritik otsailerako kontsumoa ekoiztea ezinezkoa dela ikusita, sarera konektatutako eguzki-instalazio baten diseinua eta dimentsionamendua planteatu da. SketchUp programa erabilita, kirolgunearen 3D eredia diseinatu da eta horri esker itzalen analisia egitea posible izan da. Gainera, eguzki-panelek urteko garai desberdinetan duten portaera eta inbertsorearen sarrera-irteera parametroen arabera, eguzki-instalazio fotovoltaikoaren dimentsionamendua garatu da.

Errentagarritasunaren analisiari esker, proiektu hau errealitatera eramango balitz 25 urtetan 39.844,16 €-ko irabazia lortuko litzateke. Izatez, 2020. urtean Los Llanoseko kirolgunean eguzki-instalazio fotovoltaikoa egin izan balitz, 6.744,10 €-ko irabazia lortuko zen urte horretako gastuekin alderatuta. Bukatzeko, arriskuen analisisan, eman daitezkeen arrisku posible batzuk planteatu dira, arazo hauei aurre egiteko kontingentzia-plan bat diseinatuz.

Gako hitzak: eguzki-instalazio, autokontsumo, eguzki-panel, Los Llanos, Portugalete.

## Resumen

---

Este documento ha tenido como objetivo desarrollar el diseño y dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica en el complejo deportivo Los Llanos de Portugalete. En este caso, analizando las alternativas ofrecidas por las instalaciones solares aisladas y las instalaciones solares de autoconsumo conectadas a la red, se ha determinado la opción más adecuada para el complejo deportivo. De hecho, se ha llevado a cabo el diseño y dimensionamiento de una instalación solar de autoconsumo en la que se venden los excedentes generados.

Para empezar, en los estudios del ámbito geográfico del complejo deportivo se han investigado y seleccionado las posibles ubicaciones de paneles solares. También se ha atendido a la irradiación del ámbito geográfico, confirmando el potencial de la zona deportiva para disponer de una posible instalación solar. Dentro de este trabajo se plantea un análisis de alternativas para seleccionar los principales componentes que componen la instalación solar fotovoltaica, como son los paneles solares o el inversor. Posteriormente se ha analizado la viabilidad de la instalación solar aislada. A la hora de analizar este caso extremo y ante la imposibilidad de producir el consumo de octubre a febrero, se ha planteado el diseño y dimensionamiento de una instalación solar conectada a la red. Utilizando el programa SketchUp se ha diseñado el modelo 3D del complejo deportivo, que ha permitido el análisis de sombras. Además, según los parámetros de comportamiento de los paneles solares en las diferentes épocas del año y de entrada y salida del inversor, se ha desarrollado el dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica.

Gracias al análisis de rentabilidad, si este proyecto se trasladara a la realidad se obtendría un beneficio de 39.844,16 € en 25 años. De hecho, si en el año 2020 se hubiera realizado una instalación solar fotovoltaica en el complejo deportivo de Los Llanos, se habría obtenido una ganancia de 6.744,10 € respecto a los gastos ese año. Finalmente, se plantean una serie de posibles riesgos en el análisis de riesgos, diseñando un plan de contingencia para hacer frente a estos problemas.

**Palabras clave:** *instalación solar, autoconsumo, panel solar, Los Llanos, Portugalete.*

## Abstract

---

This document has aimed to develop the design and dimensioning of a photovoltaic solar installation in Los Llanos sports complex in Portugalete. In this case, by analysing the alternatives offered by isolated solar installations and self-consumption solar installations connected to the grid, the most suitable option for the sports complex has been determined. In fact, the design and dimensioning of a self-consumption solar installation has been carried out in which the generated surpluses are sold.

To begin with, in the studies of the geographical scope of the sports complex, it has been investigated and selected possible locations of solar panels. The irradiation of the geographical area has also been addressed, confirming the potential of the sports area to have a possible solar installation. Within this work, an analysis of alternatives is proposed to select the main components that make up the photovoltaic solar installation, such as the solar panels or the inverter. Subsequently, the feasibility of the isolated solar installation has been analysed. When analyzing this extreme case and faced with the impossibility of producing the consumption from October to February, the design and dimensioning of a solar installation connected to the grid has been considered. Using SketchUp program, the 3D model of the sports complex has been designed, which has allowed the analysis of shadows. In addition, according to the parameters of behavior of the solar panels in the different times of the year and of input and output of the inverter, the dimensioning of the photovoltaic solar installation has been developed.

Thanks to the profitability analysis, if this project were to be translated into reality, a profit of €39,844.16 would be obtained in 25 years. In fact, if a photovoltaic solar installation had been carried out in 2020 in the sports complex of Los Llanos, a profit of €6,744.10 would have been obtained compared to the expenses of that year. Finally, a series of possible risks are posed in the risk analysis, designing a contingency plan to address these problems.

**Keywords:** *solar installation, self-consumption, solar panel, Los Llanos, Portugalete.*

## Edukien aurkibidea

---

1. Sarrera.....	1
1.1. Testuingurua.....	1
1.2. Proiektuaren onurak .....	4
1.3. Dokumentu teknikoaren egituraketa .....	6
2. Helburuak - Norainokoak.....	7
3. Metodologia.....	8
4. Oinarri teorikoak.....	10
4.1. Sare elektrikora konektatutako eguzki-instalazio fotovoltaikoak.....	11
4.2. Sare elektrikitik deskonektatutako eguzki-instalazio fotovoltaikoak .....	14
4.3. Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren oinarritzko elementuak .....	15
5. Eremu geografikoaren azterlanak.....	26
5.1. Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren kokapena .....	26
5.2. Eremu geografikoaren irradiazioa .....	28
6. Alternatiben analisia .....	31
6.1. Eguzki-panel fotovoltaikoa .....	31
6.2. Erreguladorea .....	35
6.3. Inbertsorea .....	38
6.4. Bateria .....	41
7. Isolatutako eguzki-instalazioaren analisia .....	46
7.1. Errendimendu globala eta beharrezko energia .....	46
7.2. Sorkuntza azpisistema .....	49
7.3. Metaketa azpisistema .....	55
7.4. Erregulazio azpisistema .....	58
8. Sarera konektatutako eguzki-instalazioaren diseinua eta dimentsionamendua .....	60
8.1. Instalazio fotovoltaikoaren kokapen fisikoaren azterketa.....	61
8.2. Eguzki-panelen portaeraren azterketa.....	73
8.3. Inbertsoreen integrazioa eguzki-sistema fotovoltaikoan .....	82
8.4. Eguzki-sistema fotovoltaikoaren kableatua .....	86
8.5. Soluzioaren diseinu orokorra .....	94

9. Analisi ekonomikoa .....	101
9.1. Aurrekontua .....	101
9.2. Faktura elektrikoa .....	105
9.3. Errentagarritasunaren analisia .....	109
10. Arriskuen analisia .....	113
10.1. Arriskuen deskribapena .....	113
10.2. Kontingentzia-plana .....	116
11. Gantt-en diagrama .....	118
12. Ondorioak .....	123
13. Bibliografia .....	125

## Irudien aurkibidea

---

1. Irudia. Lanerako erabilitako metodologia .....	8
2. Irudia. Konpentsazio bidezko autokontsumoaren eskema .....	12
3. Irudia. Soberakina baterietan metatutako autokontsumoren eskema.....	13
4. Irudia. Soberakinik gabeko autokontsumoaren eskema .....	14
5. Irudia. Isolatutako eguzki-instalazio baten eskema.....	15
6. Irudia. Eguzki-panelen inklinazioa eta orientazioa .....	16
7. Irudia. Eguzki-panelen orientazio optimoa urtean zehar .....	16
8. Irudia. Eguzki-panelen arteko distantziak.....	17
9. Irudia. Potentzia maximoko puntuaren jarraipena .....	19
10. Irudia. Inbertsore baten adibidea .....	20
11. Irudia. Bateria baten adibidea .....	21
12. Irudia. Instalazio fotovoltaiako flotatzaileen eskema.....	23
13. Irudia. Lurrera konektatutako instalazio fotovoltaiakoen eskema .....	23
14. Irudia. Lurrera zentratutako instalazio fotovoltaiakoen eskema .....	24
15. Irudia. Portugaleteko Los Llanos kirolgunearen planoak .....	26
16. Irudia. Portugaleteko Los Llanos kirolguneako frontoia.....	27
17. Irudia. Los Llanos futbol-zelaiko aldagelak .....	28
18. Irudia. Eremu geografikoaren irradiazio mapa .....	29
19. Irudia. Eremu geografikoaren hileroko eguzki-irradiazioaren aurreikuspenak.....	30
20. Irudia. Los Llanos kirolguneako kontsumoaren eboluzioa 2020. urtean .....	46
21. Irudia. Eremu geografikoaren eguzki-irradiazioa inklinazio-angelu optimoarekin ..	50
22. Irudia. Portugaleteko Los Llanos kirolguneako frontoiaren 3D eredua .....	61
23. Irudia. Los Llanos futbol-zelaiko aldagelen 3D eredua .....	62
24. Irudia. Padel pistako aldagelen teilatuko itzalak .....	64
25. Irudia. Futbol-zelaiko aldagelen teilatuko itzalak .....	65

26. Irudia. Frontoiko eta padel pistako aldageletako lehen proposamena .....	66
27. Irudia. Frontoiko eta padel pistako aldageletako bigarren proposamena .....	67
28. Irudia. Frontoiko eta padel pistako aldageletako azken proposamena .....	68
29. Irudia. Futbol-zelaiko aldageletako lehen proposamena .....	70
30. Irudia. Futbol-zelaiko aldageletako bigarren proposamena.....	71
31. Irudia. Futbol-zelaiko aldageletako azken proposamena .....	72
32. Irudia. JA Solar Monocristalino PERC eguzki-panelaren tentsio-korronte kurba .....	74
33. Irudia. Eguzki-panelaren funtzionamendu-kurba STC baldintzetan eta udan.....	79
34. Irudia. Eguzki-panelaren funtzionamendu-kurba STC baldintzetan eta neguan.....	81
35. Irudia. Eguzki-panelaren funtzionamendu-kurbak batera .....	82
36. Irudia. JA Solar 450 W 24 V Monocristalino PERC eguzki-panela.....	95
37. Irudia. 50 kW Riello Sirio TL 50 sare trifasikoko inbertsorea.....	95
38. Irudia. PRYSUN H1Z2Z2-K kablea .....	96
39. Irudia. Afumex Class 1000 V (AS) kablea .....	96
40. Irudia. Procab BTC50U/1 datu kablea.....	96
41. Irudia. Euskarri egitura.....	97
42. Irudia. Fatxadarako euskarri egitura.....	97
43. Irudia. Euskarri egitura horizontala .....	98
44. Irudia. 12 A-ko fusible zilindrikoa .....	98
45. Irudia. Fusible euskarria.....	99
46. Irudia. 80 A-ko C kurbadun Schneider etengailu magnetotermikoa .....	99
47. Irudia. 80 A-ko Schneider etengailu diferentziala .....	100
48. Irudia. 125 A-ko Schneider noranzko biko kontadorea .....	100
49. Irudia. Aurrekontu totalaren grafikoa .....	105
50. Irudia. 2020. urteko kontsumoa eta ekoizpen fotovoltaikoa hilabetero .....	106
51. Irudia. 2020. urteko kontsumo elektrikoa eta autokontsumo fotovoltaikoa.....	107



52. Irudia. Faktura elektrikoaren grafikoa .....	109
53. Irudia. Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren akumulatutako kutxa-fluxua.....	111
54. Irudia. Arriskuen probabilitate eta inpaktu grafikoa .....	116
55. Irudia. Gantt-en diagrama .....	122

## Taulen aurkibidea

---

1. Taula. Eguzki-panel fotovoltaikoen arteko konparaketa.....	34
2. Taula. Erreguladoreen arteko konparaketa.....	37
3. Taula. Inbertsoreen arteko konparaketa .....	41
4. Taula. Baterien arteko konparaketa .....	45
5. Taula. Hilabeteko eguzki-irradiazioa inklinazio-angelu optimoarekin (kWh/m <sup>2</sup> ).....	51
6. Taula. Frontoiko eta padel pistako aldageletako lehen emaitzak .....	66
7. Taula. Frontoiko eta padel pistako aldageletako bigarren emaitzak .....	67
8. Taula. Frontoiko eta padel pistako aldageletako azken emaitzak.....	69
9. Taula. Futbol-zelaiko aldageletako lehen emaitzak.....	70
10. Taula. Futbol-zelaiko aldageletako bigarren emaitzak .....	71
11. Taula. Futbol-zelaiko aldageletako azken emaitzak .....	72
12. Taula. JA Solar Monocristalino PERC eguzki-panelaren STC ezaugarriak.....	73
13. Taula. JA Solar eguzki-panelaren NOCT ezaugarriak .....	76
14. Taula. Riello Sirio inbertsorearen sarrerako ezaugarriak .....	85
15. Taula. PRYSUN kablearen datu teknikoak .....	90
16. Taula. Riello Sirio inbertsorearen irteerako ezaugarriak .....	90
17. Taula. Afumex Class 1000 V (AS) kablearen datu teknikoak .....	92
18. Taula. Proiektuaren dokumentazioa egitearen aurrekontua.....	102
19. Taula. Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren aurrekontua .....	103
20. Taula. Aurrekontu totala.....	104
21. Taula. Energiaren fakturazioa .....	107
22. Taula. Zerbitzuak eta bestelakoak .....	108
23. Taula. Faktura elektrikoa .....	108
24. Taula. Amortizazio koadroa .....	110
25. Taula. Arriskuen probabilitate eta inpaktu balioak .....	115

## Akronimoen zerrenda

---

<b>AC</b>	Alternating Current
<b>BEG</b>	Balio Eguneratu Garbia
<b>BET</b>	Barne Errendimendu Tasa
<b>BEZ</b>	Balio Erantsiaren Zerga
<b>BH</b>	Batuketa Haztatua
<b>DC</b>	Direct Current
<b>HSP</b>	Hora Solar Pico
<b>KPI</b>	Kontsumoko Prezioen Indizea
<b>MPP</b>	Maximum Power Point
<b>MPPT</b>	Maximum Power Point Tracking
<b>NOCT</b>	Normal Operating Cell Temperature
<b>PERC</b>	Passivated Emitter Rear Cell
<b>PVGIS</b>	Photovoltaic Geographical Information System
<b>SAM</b>	System Advisor Model
<b>STC</b>	Standard Test Conditions

# 1. Sarrera

---

Azkenaldian, klima-aldaketaren aurkako borrokan energia berriztagarriak eta energia-iturri naturalek berebiziko garrantzia dute. Izan ere, energia garbia ekoizteko teknologia etorkizunerako ezinbestekoak bihurtu dira. Horretarako, dokumentu nagusiaren sarrera hiru atal desberdinetan banatuko da. Lehenik eta behin, energia berriztagarrien eta eguzki-energiaren testuingurua aztertuko da, hauei buruzko zenbait datu adierazgarri aipatuz. Ondoren, proiektu hau egiteak suposatuko lituzkeen onurak aurkezten dira, hala nola onura tekniko, ekonomiko eta sozialak. Bukatzeko, dokumentu teknikoaren egituraketan Gradu Amaierako Lanak izango dituen atal guztiak adierazten dira.

## 1.1. Testuingurua

Ember Climate eta Agora Energiewende energia aztertzeako enpresen txosten berri batek lau puntutan handitzen du energia berriztagarriak Europako ekoizpen elektrikoan duten partaidetza 2020an [1]. 2020. urtean, energia berriztagarrien erabilera % 39koa izan zen, 2019ko % 34,6aren aldean, eta Europar Batasuneko Ingurumenaren Europako Agentziak argitaratutako dokumentu berri batek ematen zion % 34aren aurrean. % 39 horretatik, % 20 energia eolikoa eta eguzki-energia izan ziren, % 13 hidroelektrikoa eta % 6 bioenergia. Horrela, teknologia horiek erregai fosilek baino elektrizitate gehiago sortu zuten Europa osorako 2020an lehen aldiz.

Txosten horrek, epe laburrean konpondu beharreko erronka korapilatsu batzuk deskribatzen ditu, energia eolikoaren eta eguzki-energiaren hazkundea iraunkorra ez ezik bizkorra ere izango dela bermatzeko. Europar Batasunak, halaber, energiaren ekoizpenean ikatzaren ezabatze globala hasi behar duela esaten du. Baina energia nuklearra bezalako energia ez berriztagarriak Europako hainbat zonaldeetan erabiltzen jarraitzen dira. Horretarako, eguzki-energia eta energia eolikoa elektrizitatearen sorkuntzan, etorkizun garbi baten nagusi izateko bi energia berriztagarriak dira [2]. Azken urteetan, energia berriztagarrien barruan, energia-fotovoltaikoa da garapen handiena izan duena.

Eguzki-energia fotovoltaikoa gero eta garrantzitsuagoa izateko arrazoi nagusietako bat garapen teknologikoa da. Izatez, garapen teknologikoa eguzki-energian zentratzen ari da, energia eolikoak baino aurrerapen handiagoak egiteko aukerak ematen dituelako. Panel fotovoltaikoen kasuan, etengabe ari dira aurrerapenak egiten panelak osatzen dituzten materialen fabrikazioan. Merkeago eraikitzeke aukera ematen dute, eta energia gehiago sortzeko gai dira.

Bestaldetik, elektrizitatea sortzeko erronka handienetako bat sortutako energia biltegitratzea da. Horri gehitu behar zaio eguzki-energia ez dagoela beti erabilgarri, adibidez, gauean. Gainera, baterien teknologian egindako aurkikuntza handien ondorioz, eguzki-energiaren kostua murrizten ari da. Kasu batzuetan, gas naturalaren ordezkoko gisa planteatzen da, azken hau iturri merkeenetako bat izanik.

Adibidez, eguzki-energia elektrizitatea lortzeko modurik merkeena da nazioarteko merkatu batzuetan, hala nola Espainian, Italian eta Indian [3]. Hori, Wood Mackenzie analistek argitaratutako txosten berri baten ondorioa da; eguzki-energia fotovoltaiakoaren kostua % 25 gehiago jaitsi daitekeela iragarri izan baitu EnergyNews aldizkariak. Izan ere, txostenaren arabera, eguzki-energiaren kostua % 90 jaitsi da azken hamarkadan, eta hamarkada honen amaierarako % 15 eta % 25 artean jaistea aurreikusten da. Gainera, Ravi Manghani Wood Mackenzieko ikerketa zuzendariak honako hau adierazi du: “Mundua COVID-19 pandemiak eragindako beherakada ekonomikotik suspertzeko eta, aldi berean, Parisko Hitzarmenaren klima- eta ingurumen-helburuak betetzeko ahalegintzen ari den bitartean, eguzki-energia posizio paregabe dago etorkizun jasangarri eta karbono gutxiko baterantz aurrera egiteko”.

Araudiari dagokionez, eguzki-energiari buruzko araudi berriak, 15/2018 Errege Lege Dekretua onartu ondoren, aldaketa oso esanguratsuak ekarri zituen autokontsumo fotovoltaiakoko eguzki-panelen instalazioari dagokionez [4, 5]. Lege horrekin, 900/2015 Errege Dekretuari aurre egiten zaio, 2015. urtearen amaieran “eguzkiaren gaineko zergak” autokontsumo energetikoaren abantailak murriztea eragin zuena [6].

Lege berria iritsi arte, autokontsumorako lau instalazio mota zeuden, lege berriarekin bi izatera igaro zirenak:

- Soberakinik gabeko autokontsumo-instalazioa: energia sarera eramaten ez duten instalazioak dira. Horretarako, behar bezala homologatutako isurketa-sistema bat instalatu behar da.
- Soberakinak dituzten autokontsumo-instalazioak: instalazio hauetan soberako energia sarera isuri daiteke.

Beraz, egungo legearekin sinplifikatu egiten dira sistema horien instalazioen legezko administrazio-izapideak. Orain arte beharrezkoa zen konpainia hornitzaileari lotzeko puntua eskatzea, proiektu bat sortzea, ziurtagiriak lortzea, hainbat baldintza betetzea eta abar. Gainera, prozesu osoak diru eta denbora asko inbertitu beharra eragiten zuen. Horrela, aipatutako instalazio motak izapide burokratiko gutxiagorekin legeztatu daitezke, energia berriztagarrien erabilera erraztuz.

Aurreko guztia kontuan hartuz, eguzki-instalazio fotovoltaiako baten adibide bat jartzearen, Basauriko udaletxeak Artunduaga kiroldegian jarriko duena aipatzekoa da. Basaurik dagoeneko 2030erako Euskadiko Energia Estrategiaren bideari ekin dio [7]. Estrategia horren helburua administrazio publikoek kontsumitutako energiaren % 32 berriztagarria eta ekoizpen propioa izatea da. Horrela izango da Artunduagako kiroldegiko hainbat eraikinetan; izan ere, udaletxeak eguzki-instalazio fotovoltaiako bat kontratatzeko prozesua hasi du jada, kiroldegiko teilatuan egingo dena. Izatez, kiroldegiak urtero kontsumitzen duen energia elektrikoaren % 30 eguzki-panelek sortuko dute. Horri esker, atmosferara 121 tona karbono dioxido isurtzea saihestuko da urtero. Gainera, jarritako instalazioarekin urtero 338.000 kWh ekoiztea espero da, ekoizpen guztia autokontsumora bideratuz.

Orduan, Gradu Amaierako Lan honetan Basauriko udaletxeak Artunduaga kiroldegian egingo duen instalazio fotovoltaiakoa oinarritzat hartuz, Portugaleteko Los Llanos kirolgunean autokontsumorako eguzki-instalazio fotovoltaiako baten diseinua eta dimentsionamendua garatuko da.

## 1.2. Proiektuaren onurak

Atal honetan proiektu hau garatzeak ekarriko lituzkeen onurak aztertuko dira. Hiru azpiataletan banatuta daude, haien ekarpenen arabera: onura teknikoak, onura ekonomikoak eta onura sozialak.

### 1.2.1. Onura teknikoak

Autokontsumo fotovoltaikoak sortzen dituen energiak hainbat aplikazio ditu, hala nola energia elektrikoa ematek ur beroa emateraino [8]. Gune beroetan eta eguzki-ordu gehien dituzten zonaldeetan, energia fotovoltaikoa energia-beharren % 100 asetzera irits daiteke. Eguzki-ordu gutxien eta hotzenak dituzten eremuetan, berriz, energia-eskariaren % 50 bete daiteke. Izan ere, Espainia urtean eguzki-ordu gehien dituen herrialdeetako bat da European, eguzki-instalazio bat egiteko orduan abantaila bat dena. Baina autonomia-erkidego guztiek ez dituzte eguzki-ordu berberak, eta hori kontuan hartu beharko litzateke instalazioa non egiten den eta eguzki-panelak norantz zuzentzen diren erabakitzeke. Beste abantaila bat panelak ia edonon instalatu daitezkeela da. Horrela, aukera egokia izan daiteke linea elektrikoa iristen ez den urruneko lekuetan instalatzeko.

Bestaldetik, eguzki-panelak instalatzeko eta mantentzeko errazak dira [9]. Modulu fotovoltaikoetarako egitura-aukera ugari daudenez, eta behar den kable kopurua txikia denez, autokontsumo-instalazioak sektore fotovoltaikoaren barruan instalatzeko eta mantentzeko errazak dira. Horrela izanda, etxebizitza bateko instalazio batek urtean 1-2 garbiketa behar izan ditzake, metatzen den zikinkeriaaren arabera; kasu batzuetan, eguzki-panelak garbitzeko sistema automatikoak erabiltzen dira, eguzki-panelen ekoizpena maximizatzeko [10]. Sistema zenbat eta garbiagoa izan, orduan eta eraginkorragoa dela kontuan hartu beharra dago.

### 1.2.2. Onura ekonomikoak

Eguzki-instalazio fotovoltaiko bat aurrera eramateak ekonomikoki abantaila asko ekarri ditzake. Duela zenbait urte, instalazio fotovoltaiko bat egiteak kostu handiak suposatzen zituen ordaintzeko eta amortizatzeko. Baina gaur egun instalazio fotovoltaiko bat egitea beste teknologia batzuk baino askoz merkeagoa izan daiteke. Izatez, modulu

fotovoltaikoek 30 urte inguruko balio-bizitza izan dezakete eta inbertsoreek 25 urte ingurukoa. Hortaz, autokontsumo fotovoltaikoko instalazioak azkar amortiza daitezkeela egiazta daiteke, hurrengo urteetan aurrezki handia bermatzen baitute beren bizitza erabilgarriarekin alderatuz.

Gaur egun, hainbat diru-laguntza daude eguzki-panel fotovoltaikoen instalazioa sustatzeko eta hobetzeko [11]. Izan ere, autonomia-erkidego ugari horrelako diru-laguntzak ezarri dituzte Espainian energia garbien ekoizpena sustatzeko. Gainera, ekoizten diren energia-soberakinak merkaturatzaileari saltzea baimenduta dago. Horrela, hilabetearen amaieran argiaren fakturan konpentsazioa lortzen da.

### **1.2.3. Onura sozialak**

Onura sozialak, tokian tokiko gizarteak eguzki-instalazio fotovoltaikoak egiteagatik lor daitezkeen abantailak izango litezke.

Era berean, onura teknikoetatik eta ekonomikoetatik aparte, eguzki-energia fotovoltaikoak ere onura ugari ditu ingurumenerako. Eguzki-energia fotovoltaikoaren ezaugarri nagusietako bat da ez dituela ingurumenerako kaltegarriak diren emisioak igortzen, planeta kutsadura maila handiagoetatik babestuz. Eguzki-energia fotovoltaikoa erabiltzeko beste arrazoi bat berriztagarriak ez diren energia-iturriak erabili behar ez izatea da. Horien ondorioz, gas kutsagarriak isurtzen dira, hala nola CO<sub>2</sub> edo metanoa, ingurumen inpaktu larria suposatuz. Kutsadurarekin jarraituz, soinu kutsadura energia sortzeak dakarren beste arazo bat da. Hala ere, eguzki-panel fotovoltaikoen kasuan, oso isilak dira eta beraz, irtenbide ezin hobeak dira hiriguneetarako eta bizitegi-guneetarako.

Eguzki-energiak eskaintzen duen bermerik handienetako bat energia hau agorrezina dela da. Izatez, energia mota honen aldeko apustua egiteak planeta zaintzea suposatzen du, epe luzerako biziraupena sustatuz. Gainera, autokontsumo-instalazioek iturri garbiak eta agorrezinak erabiltzeaz gain, eraikuntzetara ere egokitzen dira, ingurumen inpaktu larrikeria eragin gabe.



### 1.3. Dokumentu teknikoaren egituraketa

Dokumentu honetan, Autokontsumorako Eguzki-Instalazio Fotovoltaiko Baten Diseinua eta Dimentsionamendua Portugaleteko Los Llanos Kirolgunean izenburua duen Gradu Amaierako Lana aurkezten da [12]. Lehenik eta behin, *Helburuetan* proiektuaren xedek zehaztuko dira: zer, zertarako, zergatik eta noraino egingo den. Ondoren, *Oinarri teorikoetan*, memoria ulertzeko behar diren ezagutza nagusiak azalduko dira.

Memoriaren lehenengo atal teknikoa *Eremu geografikoaren azterlanak* izango dira, eguzki-instalazio fotovoltaikoaren kokapena eta eremu geografikoaren irradiazioa aztertuko dituenak. Hurrengo atalean, *Alternatiben analisisa*, proiektuaren aspektu desberdinen soluzio posibleak aztertuko dira eta irizpide batzuen arabera egokiena aukeratu da. Ostean, eguzki-instalazio fotovoltaikoaren kasurik txarrena planteatu da eta honen analisisa egingo da, hau da, *Isolatutako eguzki-instalazioaren analisisa*. Gero, *Sarera konektatutako eguzki-instalazioaren diseinua eta dimentsionamendua* atalean, proiektuari dagokion diseinua zehaztuko da, hori aurrera eramateko beharrezko kalkuluak eginez. Ondorengo atalean, *Analisi ekonomikoa* egingo da, bi atal nagusitan banatuko dena: *Aurrekontua* eta *Errentagarritasunaren analisisa*. Bestetik, *Arriskuen analisisa* kontuan hartu beharreko atal bat da, probabilitate-inpaktu matrizea azalduko da eta arrisku larrienentzako kontingentzia-plana.

Dokumentu nagusiaren plangintzari dagokionez, *Gantt-en diagrama* gauzatuko da, ataza bakoitza deskribatzen duen informazioa, mugarriak eta abar azalduz. Bukatzeko, *Ondorioetan* proiektuaren atal garrantzitsuenak adieraziko dira, adibidez, proiektuaren ekarpenak eta etorkizuneko lerroak.

Dokumentu nagusiaz aparte, Gradu Amaierako Lan honek hiru eranskin izango ditu. *I. Eranskinean* lan honetan zehar aplikatuko den arautegiaren laburpena zehaztuko da. *II. Eranskinean* eguzki-instalazio fotovoltaikoa osatuko duten elementu komertzialen ezaugarri-orriak multzokatuko dira. Azkenik, *III. Eranskinean* errentagarritasunaren analisisa aurrera eramateko beharko diren kalkulu-orriak aurkeztuko dira.

## 2. Helburuak - Norainokoak

---

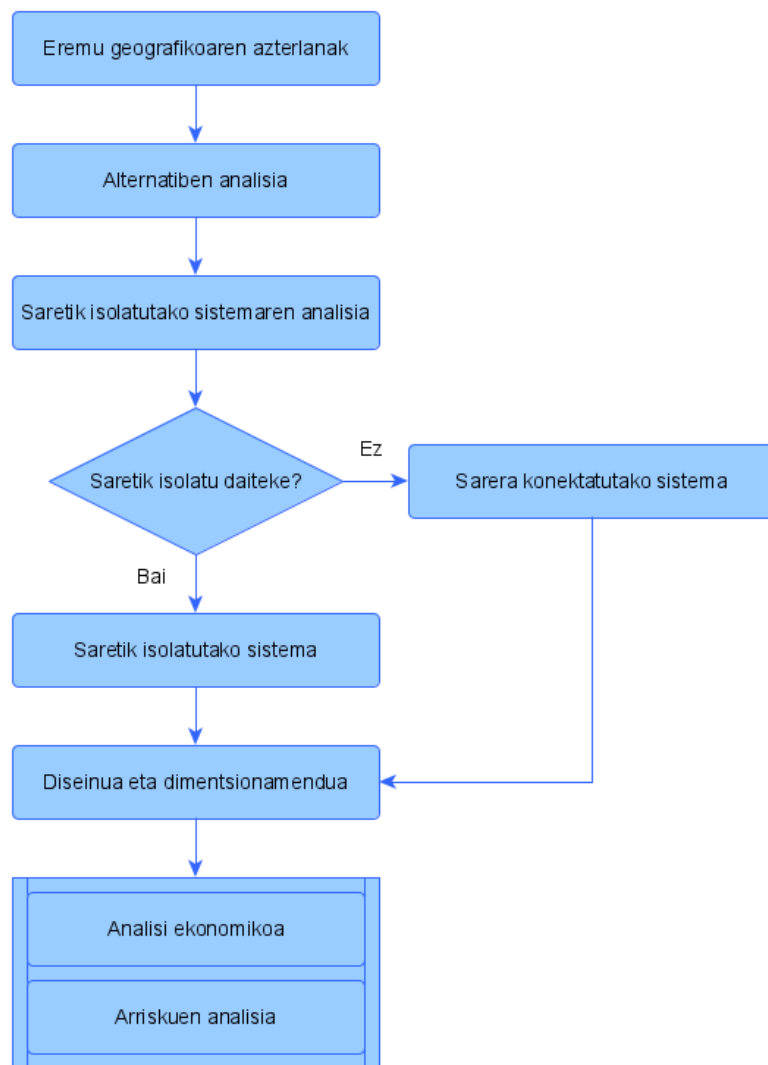
Puntu honetan, testuinguruan zehaztutako arazoen aurrean garatuko den proiektuaren helburuak, honen zergatiak eta norainokoak azalduko dira.

Gradu Amaierako Lan honetan Portugaleteko Los Llanos kirolgunean autokontsumorako eguzki-instalazio fotovoltaiko baten diseinua eta dimentsionamendua garatzea da helburu nagusia. Horrela, faktura elektrikoan aurrezkiak lortzea espero da, kirolgunean eguzki-instalazio optimo bat eraikitzeko nahi adina espazio dagoela ikusi izan baita. Gainera, klima-aldaketa saihesteko asmoz, dokumentu hau egitearen beste zergati bat energia berriztagarrien erabilera sustatzea da. Horretarako, Gradu Amaierako Lan hau aurrera eramateko azpi-helburu hauek edo norainokoak beteko dira:

- Eguzki-panel fotovoltaikoak modu aproposenean kokatzeko eremu geografikoaren aztertzea.
- Eguzki-instalazio fotovoltaikoa osatuko duten elementu garrantzitsuenen aukeraketa.
- Eguzki-panelen kopuru eta kokapena aztertzea 3Dko diseinua baten bitartez, dimentsionamenduak ahalik eta galera gutxien izan ditzan.
- Instalazio fotovoltaikoaren errentagarritasuna aztertzeko analisi ekonomikoa egitea.
- Eguzki-instalazio fotovoltaikoa egiteak suposatuko lituzkeen arriskuak plazaratzea. Arrisku horiek kontuan hartuta, kontingentzia-plan bat diseinatzea.

### 3. Metodologia

Atal honetan, Los Llanos kirolguneko eguzki instalazio fotovoltaiko baten diseinu eta dimentsionamendua egiteko bete beharreko urrats nagusiak adierazi eta azalduko dira. Horretarako, erabilitako metodologiaren fluxu-diagrama moduko bat aurkezten da (ikus 1. irudia):



**1. Irudia.** Lanerako erabilitako metodologia.

Lehenik eta behin, eremu geografikoaren azterlanak garatu behar dira. Azterlan hauetan eguzki-sistema fotovoltaikoa zehazki non kokatuko den adieraziko da, instalazio gunearen mugapenak azalduz. Bestetik, eremu geografikoaren irradiazio mapa aztertuko da, eguzki-instalazioaren diseinu eta dimentsionamenduan zenbait kalkulu egiteko lagungarriak izango direnak.

Alternatiben analisian, eguzki-instalazio fotovoltaikoa diseinatzeko elementurik garrantzitsuenen azterketa eta konparaketa egiten da. Beraz, elementu bakoitzaren merkatuko bi alternatiba aukeratzen dira, eta bakoitzaren deskribapen zehatza garatzen da. Gero, aztertuko den elementuaren ezaugarrien arabera alternatibarik hoberena hautatzen da.

Diseinu eta dimentsionamenduarekin hasi baino lehen, kasurik txarrena planteatu beharra dago. Hortaz, isolatutako sistemaren analisiarekin instalazio fotovoltaikoa saretik isolatu daitekeen ala ez jakin daiteke. Kasu honetarako eguzki-panel kopurua izango da mugapena, izan ere instalazio eremua mugatua baita, eta baliteke saretik isolatutako sistema izateko behar adina eguzki-panel kokatzeko lekurik ez izatea.

Behin zein instalazio mota egin daitekeen jakinda diseinu eta dimentsionamenduaren txanda izango litzateke. Atal honetan, Los Llanos kirolgunearen 3D eredu bat garatuz eguzki-panelek izan ditzaketen posizio eta orientazio desberdinak ikertuko dira itzalek sorturiko galerak minimoak izateko. Baita eguzki-panelen portaera aztertuko da, urteko denboraldi desberdinetan beraien funtzionamendu egokia bermatzeko. Ildo beretik jarraituz, inbertsorearen eta kableatuaren integrazioa eguzki-sistema fotovoltaikoan aztertuko da.

Azkenik, analisi ekonomikoa eta arriskuen analisia independenteki egin daitezkeen bi atal dira. Alde batetik, analisi ekonomikoan eguzki-instalazioaren aurrekontua, faktura elektrikoa eta errentagarritasunaren analisia plantatuko da. Bestaldetik, arriskuen analisian eguzki-instalazio fotovoltaikoa egiteak suposatuko lituzkeen arrisku posibleak aurkezten dira. Gainera, arrisku horiek saihesteko kontingentzia-plan bat diseinatzen da.

## 4. Oinarri teorikoak

---

Atal honetan proiektua ulertzeko beharrezkoak izango diren azalpen teknikoak emango dira. Hala nola, eguzki-instalazio fotovoltaiko baten dimentsionamendua ulertzeko behar den oinarrizko jakintza teorikoa.

Era laburrean azalduz, eguzki-panelak moduluz osatuta daude, eta moduluak, aldi berean, zelula fotovoltaikoz [13]. Zelulek material erdieroalez osaturiko lamina bat edo batzuk dituzte, eta eguzki-erradiazioa pasatzen uzten duen eta bero-galerak minimizatzen dituen beira garden batez estalita daude. Oro har, eguzki-zelula fotovoltaiko konbentzionalak silizioz eginda daude. Eguzkiaren argiak panelaren zelula fotovoltaikoetan eragiten du, geruzen artean eremu elektriko bat sortuz. Horrela zirkuitu elektriko bat sortzen da, eguzki-energia fotovoltaikoaren funtzionamenduaren arduradun nagusia dena. Zenbat eta intentsitate handiagoa izan argiak, orduan eta handiagoa izango da fluxu elektrikoa.

Zelula fotoelektrikoek eguzki-energia elektrizitate bihurtzen dute korrante zuzen moduan, eta hori korrante alerno bihurtzen da etxeetan dauden ekipo elektrikoak elikatu ahal izateko. Korrante zuzena korrante alerno bihurtzeaz arduratzen den gailuari inbertsore deritzo. Inbertsoreak korrante zuzen hori alerno bihurtzen du, isuri behar den sare elektrikoaren ezaugarri berdinekin, seinalearen uniformetasuna eta kalitatea kontrolatuz. Ondoren, korrante alernoa kontadore batetik pasatzen da eta handik sare orokorrera injeztatzen da. Horrela, eguzki-energia energia elektriko bihurtzeko aprobetxa daiteke.

Eguzki-energia nola funtzionatzen den jakiteaz aparte, ezinbestekoa da haren aplikazioak ezagutzea. Horrela izanda, eguzki-instalazio fotovoltaikoen artean mota desberdinak aurki daitezke, non bi talde nagusi bereizten diren, besteak beste:

- Sare elektrikora konektatutako eguzki-instalazio fotovoltaikoak (autokontsumoa): kasu honetan, instalazio fotovoltaiko batek sortutako korrante elektrikoa sarera isurtzen da.

- Instalazio isolatua, sare elektrikotik deskonektatuta: sortutako elektrizitatea autokontsumorako erabiltzen da.

#### 4.1. Sare elektrikora konektatutako eguzki-instalazio fotovoltaiakoak

Mota honetako instalazioak, sare elektrikoari lotuta egoteagatik bereizten dira [14]. Instalazio mota hauetan autokontsumoa lehenesten da eguzki-instalazioaren energia erabiliz, hura eskura dezaketen bitartean. Hala ez denean, sare elektrikotik lortzen da energia. Autokontsumoko instalazio mota bat edo bestea bereiziko duena soberakinen kudeaketa izango da, hau da, instalaziotik sortutako eta kontsumitu gabeko energiarekin egingo dena. Hori kontuan izanda, hiru autokontsumo instalazio mota desberdintzen dira: konpentsazio bidezko autokontsumoa, soberakina baterietan metatutako autokontsumoa eta soberakinik gabeko autokontsumoa.

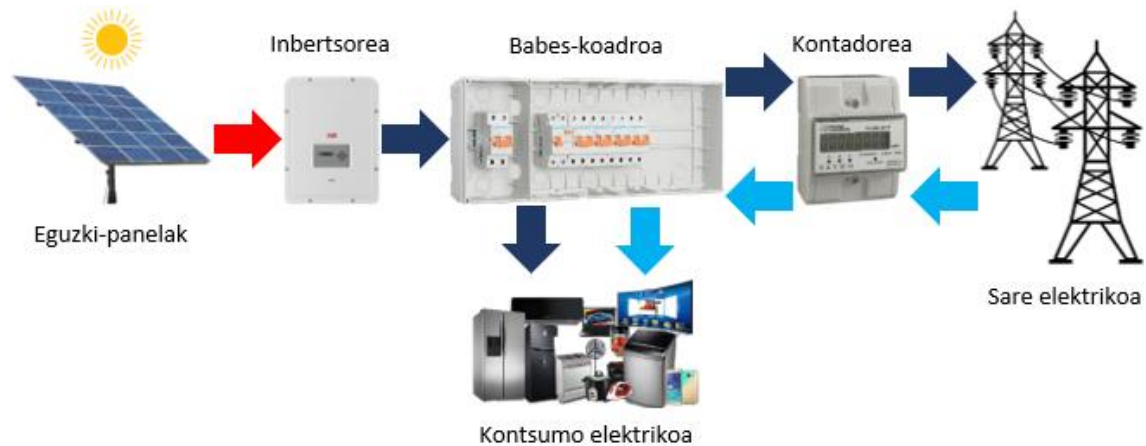
##### 4.1.1. Konpentsazio bidezko autokontsumoa

Instalazio mota honen ezaugarria da soberakinak erabiltzen direla soberako energia errentagarri bihurtzeko. Esate baterako, asteburuan itxita dagoen eta eguzki-instalazioa erabiltzen duen leku batean ez litzateke energia elektrikorik kontsumituko, baina energia elektrikoa sortzen jarraituko litzateke. Energia hori sare elektrikoan sartzen da, eta trukean konpentsazio bat jasotzen da. Konpentsazio horrek hiru aldaera izan ditzake, herrialde bakoitzean indarrean dagoen legediaren arabera:

- Balantze gabia: sarera isuritako kWh bakoitzeko, energia sortu eta ekoizten duenak saretik 1 kWh kontsumitzeko eskubidea du kosturik gabe eta behar duenean.
- Sareko salmenta: sarera isurtzen den kWh bakoitzeko diru kopuru finko bat jasotzen da.
- Tarifa garbia: sarera isuritako kWh bakoitzeko, faktura elektrikotik diru kopuru jakin bat deskontatzen da.

Espanian, 2019ko apiriletik aurrera konpentsazio ekonomiko bidezko autokontsumoa arautzen da, 244/2019 Errege Dekretuaren bidez [15]. Lege horrek aurrezteko konpentsazio-sistema bat ezartzen du. Izan ere, 100 kW baino gutxiagoko

instalazioetarako, sortutako eta sarera isuritako elektrizitate-soberakinek konpentsazio bat sortuko dute. Kasu honetan, faktura elektrikoan islatuko da, termino aldakorrean saldo negatiboa izango duena, hau da, kontsumoa islatzen duen terminoan. Hortaz, argiaren fakturan deskontu bat da, ez dena nahastu behar soberakinen zuzeneko salmentarekin, hau da, konpentsaziorik gabekoa.

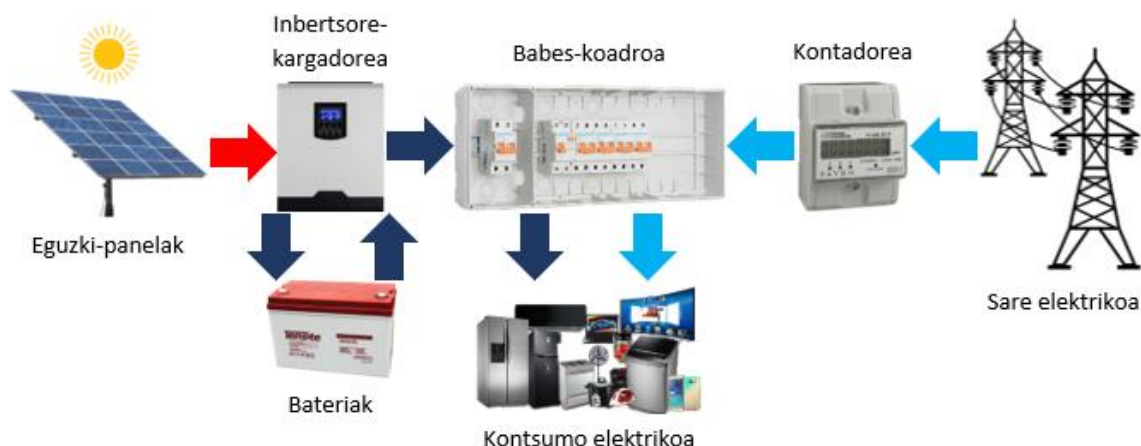


**2. Irudia.** Konpentsazio bidezko autokontsumoaren eskema.

#### **4.1.2. Soberakina baterietan metatutako autokontsumoa**

Autokontsumorako aukera hau energia-soberakina instalazioarekin batera doan baterian injektatzean datza, eguzki-erradiatzaileak ez dagoen orduetan kontsumitzea ahalbidetzen duena. Hala ere, sare elektrikoarekin konektatuta dago, eta baterian metatzen den energia amaitzen denean, saretik ateratzen den energia elektrikoarekin kontsumitzen jarrai daiteke.

Instalazio mota honek abantaila batzuk ditu, hala nola sortzen den energia guztiaren kontsumoa bermatzea. Haatik, instalazio mota hau planteatuz gero hasierako inbertsioa kontuan hartu beharreko parametroa dela. Izan ere, konpentsazioa behar duten instalazioekin alderatuz, hasiera batean bateriak erabiltzen dituzten autokontsumorako instalazioak garestiagoak dira. Bateriak sistemari gehitzeak materialen prezioa nabarmen igotzea dakar. Gainera, baterien bizi-denbora kontuan hartu behar da, orokorrean 10 urte irauten baitute. Beraz, amortizazio-aurreikuspenak arretaz aztertu beharko dira, ekonomikoki merezi duela ziurtatzeko.



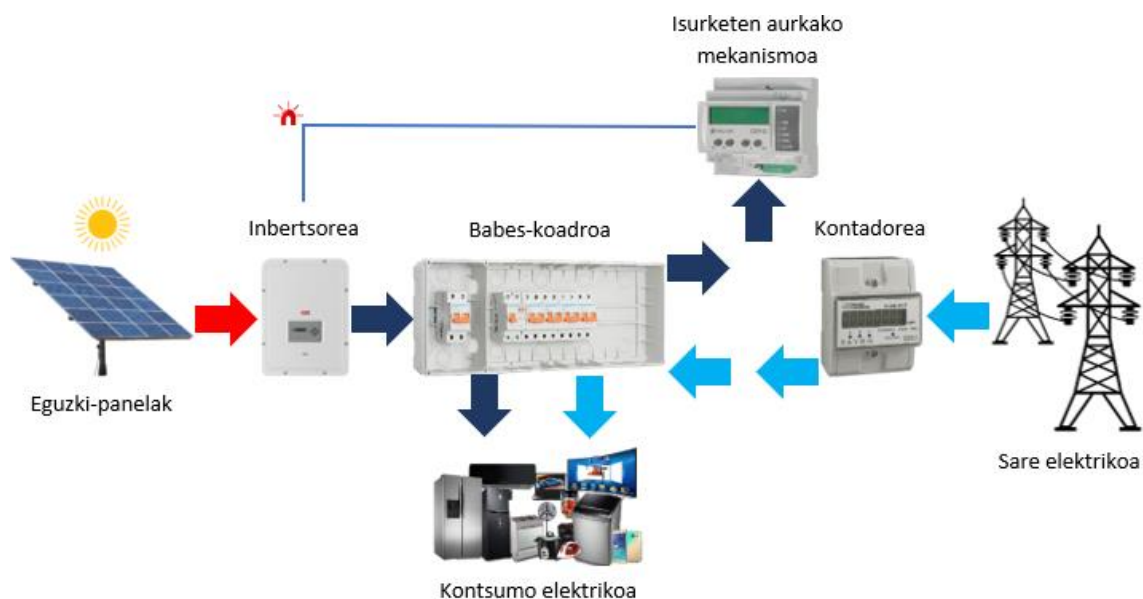
3. Irudia. Soberakina baterietan metatutako autokontsumoren eskema.

#### 4.1.3. Soberakinik gabeko autokontsumoa

Eguzki-instalazio eredu honen ezaugarri nagusia da sare elektrikoan ez duela inolako injekzioarik egiten, hala ere, instalazioak energia behar duenean saretik hartzen du. Instalazio fotovoltaiko mota hau aurrekoen oso antzekoa da, baina desberdintasun bat dago. Kasu honetan, instalazioari isurketen aurkako mekanismo bat gehitu behar zaio, inbertsorearekin zuzenean konektatuko dena kontsumitutakoa baino energia gehiago sor ez dadin, eta hura sarera pasatzea saihestuko duena.

Soberakinak baztertzean, horiek aprobetxatzeko aukera galtzen da, ezin daitekeelako ezta baterietan biltegitatu ezta konpentsaziorik lortu. Horrelako instalazioak beharrezkoak dira indarrean dagoen legediak sare elektrikoari energia injektatzen uzten ez dionean.





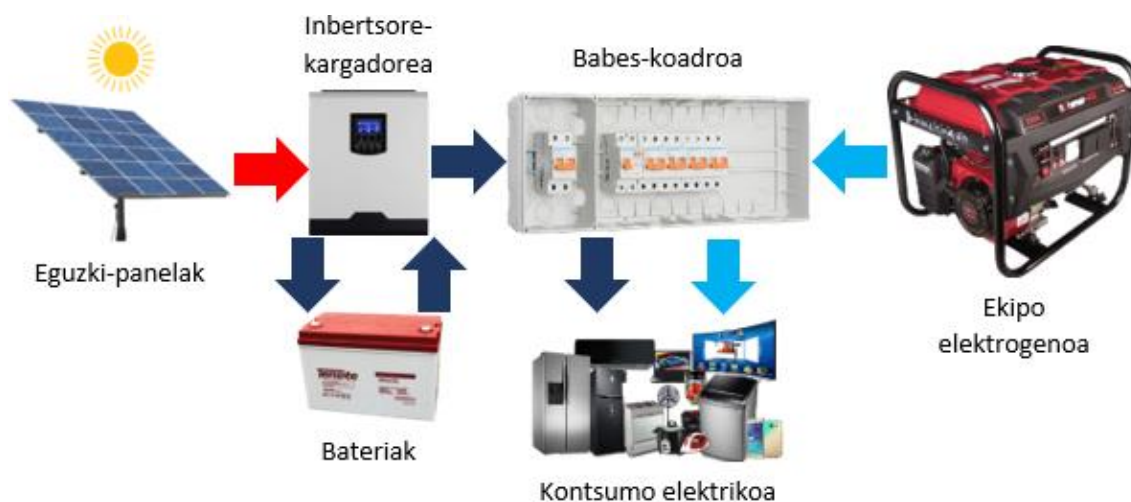
4. Irudia. Soberakinik gabeko autokontsumoaren eskema.

## 4.2. Sare elektrikotik deskonektatutako eguzki-instalazio fotovoltaikoak

### 4.2.1. Isolatutako instalazio fotovoltaikoak

Aurreko instalazio guztiak ez bezala, mota honetako instalazioak ez daude sare elektrikoarekin konektatuta. Instalazioak sortutako energia elektrikoa instalazioa dagoen puntu berean kontsumitzen da, sarearekiko mendekotasuna saihestuz.

Mota honetako eguzki-instalazioetan beharrezkoak diren elementuak inbertsore kargagailu bat, bateriak eta multzo elektrogeno bat dira, eguzki-erradiaziorik ez dagoenean erabiltzeko energia biltegitratzea ahalbidetuko dutenak. Instalazioaren diseinuan sortutako energiak eta biltegitratzeko ahalmenak eguzki-erradiazioa egun batzuk jaso gabe igarotzea ahalbidetzeko bermatu beharko da. Horrek eragin zuzena du instalazioaren tamainan; izatez, eguzki-panel fotovoltaiko gehiago daude autokontsumoko instalazioekin alderatuta. Beraz, isolatutako instalazio fotovoltaikoak aukera ezin hobe dira saretik isolatuta dauden eraikin edo landetxetarako, aukerarik merkeena eta jasangarriena izanik.



5. Irudia. Isolatutako eguzki-instalazio baten eskema.

### 4.3. Eguzki-instalazio fotovoltaikeen oinarrizko elementuak

Eguzki-instalazio fotovoltaike mota desberdinak bada ezagututa instalazio fotovoltaike bat osatu dezaketen elementuak aztertuko dira, bai sare elektrikora konektatutako eta deskonektatutako sistementzako [16]. Hortaz, bi eguzki-instalazioek honako elementu komun hauek dituzte: eguzki-panel fotovoltaikea, karga-erreguladorea, inbertsorea, bateria, kable elektrikoak, lur-konexioa eta babes-koadroa.

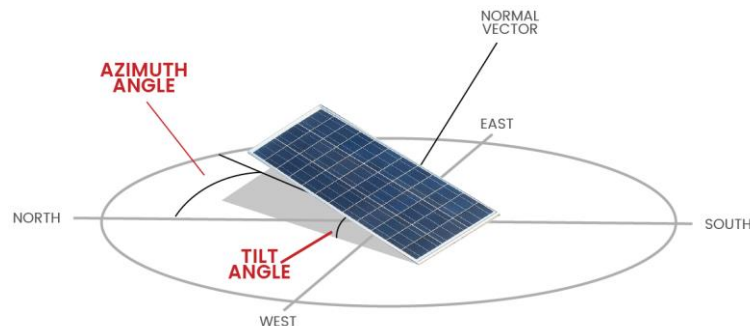
#### 4.3.1. Eguzki-panel fotovoltaikea

Eguzki-erradiazioaren aprobetxamendu optimoa lortzeko, ezinbestekoa da eguzkiaren ibilbidea ezagutzea, instalazio fotovoltaikearen beharrak eta eguzki-panelen kokapenaren baldintzak ezagutzea [17]. Horren ondorioz, instalazio fotovoltaikeetako eguzki-panelen orientazioa eta inklinazioa zehaztu behar dira, orduko kilowatt kosturik txikiena lortzeko.

Kontuan hartu beharreko alderdi bat modulu fotovoltaikeetan eragina izan ditzaketen itzalak dira. Izan ere, egunez itzalak posizioz aldatzen dira, baina urtaro desberdinetan ere aldatzen dira. Neguan, adibidez, eguzki-erradiazioak lurrazalarekiko udan baino hain perpendikularra ez den norabidean lurrerantz bidaiatzen du, hau da, itzalak askoz ere luzeagoak dira. Horretarako, eguzki-panel fotovoltaikeko sistema bat ahalik eta gehien aprobetxatzeko itzal posibleekin kontuz ibili beharko da. Itzalen efektua kontu handiz

ebalatu behar da panelen kokapena zehazterakoan. Izatez, itzalek eguzki-panelen ekoizpena murrizten dute, batez ere eguerdiko orduetan gertatzen badira.

Azalera erabilgarria panel fotovoltaikoen kokatzea ahalbidetzen duen espazioak zehaztuko du. Azalera hori mantentze-lanetarako sarbide errazeko espazioa izan dadin saiatu beharko da. Aldi berean, espazio hori ezusteetatik eta objektuen erorketatik babestuta egon beharko du.



**6. Irudia.** Eguzki-panelen inklinazioa eta orientazioa [18].

Eguzki-panelen orientazioa aztertzean, garrantzitsua da bi orientazio-ardatz garrantzitsuenak ulertzea (ikus 6. irudia):

- Inklinazioa: panelak zoruarekiko osatzen duen angelua da.
- Orientazioa (azimut): eguzki-panelek iparraldearekiko osatzen duten angelua da.

Panel fotovoltaikoen orientazioa eta inklinazioa latitudearen araberakoa da. Panelen orientazio optimoa ipar hemisferioan hegoaldekoa da, eta hego hemisferioan iparraldekoa da. Helburua eguzki-panelaren perpendikularotasun maximoa lortzea da, jasotako eguzki-erradiazioarekiko. Horrela, zelula fotovoltaikoen bidez lortutako energia optimizatuko da. Gainera, eguzki-panelen orientazio optimoa urtean zehar aldatuz doa (ikus 7. irudia).



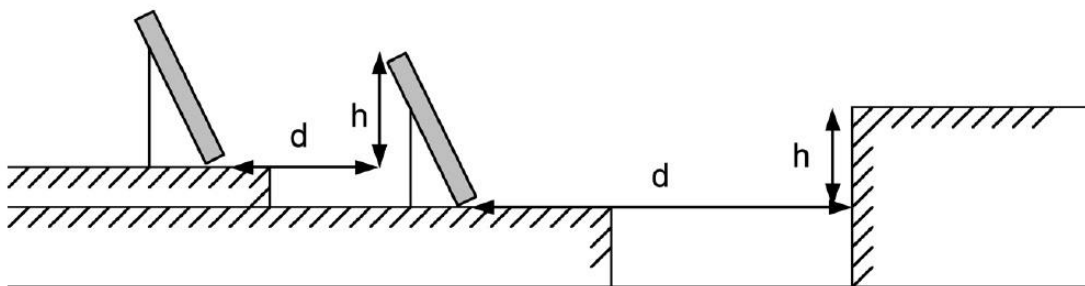
**7. Irudia.** Eguzki-panelen orientazio optimoa urtean zehar.

Panel fotovoltaikoen errenkaden arteko tartea bermatu behar du neguko eta udako solstizioko hilabeteetan ez dela itzalik gainjarriko panelen errenkaden artean. Distantzia hori honako adierazpen honen bidez zehaztuko da, plano horizontalean dauden panelen kasuan:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \text{latitudea})} \quad (1)$$

Non:

- d: eguzki-panelen arteko distantzia minimoa (m).
- h: eguzki-panelen errenkaden altuera (m).



8. Irudia. Eguzki-panelen arteko distantziak [19].

#### 4.3.2. Karga-erreguladorea

Karga-erreguladorea bateriaren karga-egoera kontrolatzeaz arduratzen den gailu elektronikoa da [20]. Karga-erreguladorea eguzki-panel fotovoltaikoen eta baterien artean instalatzen da, eta bi elementuen artean dabilen energia-fluxua kontrolatzeaz arduratzen da. Energia-zirkulazioaren kontrol hori intentsitatearen eta tentsioaren parametroen kontrolari esker gertatzen da, karga-etapa bakoitza irauten duen bitartean. Erreguladoreak bateria gehiegizko gailkargen eta tentsioen aurka babesten du, bateria une bakoitzean dagoen karga-egoeraren arabera kaltetu ez dadin. Zenbait erreguladore pantailekin edo komunikazio-gailuekin osatu daitezke, edo inbertsore hibridoetan bertan integratuta egon daitezke.

Hortaz, karga-erreguladoreak bateriaren eta modulu fotovoltaikoen artean igarotzean den energia-kantitatea gidatu eta kontrolatzen du. Bi erreguladore mota daude: PWM karga-erreguladorea eta MPPT karga-erreguladorea.

➤ PWM karga-erreguladorea

PWM erreguladoreak panel fotovoltaikoen eta bateriaren artean etengailu gisa jarduten duten erreguladore sinpleak dira [21]. Erreguladore hauek bateriaren tentsio izendatua lan egitera behartzen dituzte modulu fotovoltaikoak. Bateriaren kargan xurgatze-etapa lortzen denean, erreguladoreak pultsuen intentsitatea aldatzen du, eta segundoko zenbait aldiz mozten du moduluen eta bateriaren arteko kontaktua, bateria gehiegi kargatzea saihestuz. PWM erreguladorearen abantailen artean, sinpletasuna, pisu txikia eta prezio baxua aurki daitezke. PWM erreguladoreak 60 A-ra arteko tamainan daude eskuragarri eta bizitza erabilgarria luzea dute; batzuek beroaren aurkako hozte-sistemak integratuta dauzkate. Desabantailei dagokienez, tentsio izendatua baterien berdina izan behar dela aipatu daiteke. Baita korrante zuzenerako 60 A-tik gorako erreguladoreak ezin daitezkeela aurkitu esan beharra dago.

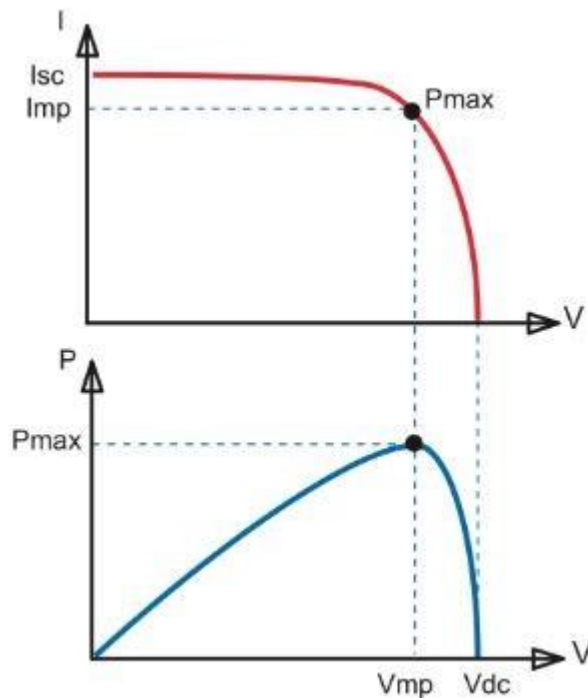
➤ MPPT karga-erreguladorea

Karga-erreguladoreen barruan MPPT erreguladoreek zerbitzu handienak eskaintzen dituzten erreguladoreak dira, nahiz eta PWM erreguladoreekin alderatuz prezio altuagoa duten.

MPPT erreguladoreek eguzki-panelak potentzia handieneko puntuan lan eginarazten dituzte [22]. Beraz, PWM erreguladoreek duten desabantaila ez dute aurkezten MPPT erreguladoreek, hau da, bateriaren tentsioa panelaren tentsioarekin berdintzen dela, eraginkortasuna galduz. Hortaz, potentzia maximoan lan egiteak abantaila ugari ekartzen ditu, horietako bat eguzki-panelak ez duela bateriaren tentsio bera izan behar, baina berdina edo handiagoa izan behar du. Orduan, MPPT bat aukeratzeko orduan, agertzen den tentsioaren balioa tentsio maximoa adierazten du.

Eguzki-panel baten errendimenduak tentsio eta potentzia maximoa lortzen duen funtzionamendu-kurba deskribatzen du. Momentu horretan, panelak potentzia

izendatutik gertu dagoen potentzia eskaini dezake, orientazioa eta tenperatura bezalako baldintzak alde batera utziz.



9. Irudia. Potentzia maximoko puntuaren jarraipena [23].

Horrenbestez, kurba gorrian eguzki-panel fotovoltaiko baten irteera-korrontea irteera-tentsioaren menpe adierazten da (ikus 9. irudia). Potentzia maximoko puntua, MPPT erreguladorearen korronea eta tentsioaren arteko biderkaduraren arteko emaitza da. Aldiz, kurba urdinean irteera-potentzia irteera-tentsioaren menpe adierazten da.

#### 4.3.3. Inbertsorea

Inbertsorea korrante jarraitua korrante alferno tentsio eta maiztasun jakin batera eraldatzeko gai den gailu elektronikoa da [24]. Adibidez, korrante alfernoarekin funtzionatzen duen aparatu elektriko bat elikatu behar izatekotan baina sareko korrante alfernoa eskura ez badago, korrante jarraituko iturri bat erabiliz elikatu ahal daiteke. Beraz, inbertsorea ezinbestekoa da korrante zuzenean funtzionatzen duten gailuak elikatzeke. Inbertsoreak sistema fotovoltaiko isolatueta erabiltzen dira, baita sarera konektatutako sistema fotovoltaikoetan ere.

Inbertsore terminoa artezgailuei izendatzeko ere erabil daiteke, korrante alternoz elikatzen dena eta irteerako korrante alernoaren tentsioa eta maiztasuna sarrerako korrontearen arabera aldatzeko erabiltzen dena.

Korrante alternoko kargak elikatzeko erabiltzen diren inbertsorik ohikoenak hiru motatakoak dira: uhin karratuko inbertsoreak, uhin sinusoidal eraldatuko inbertsoreak eta uhin sinusoidal puruko inbertsoreak. Uhin karratuko inbertsoreak karga erresistibo hutsak hornitzeko egokiak dira. Uhin sinusoidal eraldatuko inbertsoreak karga erresistibo eta kapazitiboetarako egokiak dira, baina karga induktiboekin zarata sor dezakete. Azkenik, uhin sinusoidal puruaren inbertsoreak karga mota guztietarako egokiak dira, sare elektrikoaren uhin sinusoidal berdina erreproduzitzen dutelako.



10. Irudia. Inbertsore baten adibidea [25].

#### 4.3.4. Bateria

Eguzki-panelek eguzki-argitik energia jasotzen duten bitartean, bateriak energia hori biltzeko gaitasuna duten gailuak dira [26]. Horrela, eguzki-argirik ez dagoenean energia hori erabili ahal daiteke, egun lainotsu batean edo gauean. Baterien bidez, eguzki-panelek ematen duten baino korrante handiagoekin lan egitea ahalbidetzen dute. Izan ere, intentsitate handiagoetan lan egiteak hainbat ekipo elektriko aldi berean erabiltzea ahalbidetzen du.

Hortaz, bateria baten ezaugarriak garrantzitsuenak hauek izango lirateke:

- Karga ahalmena: metagailu elektrikoaren deskarga osoarekin lor daitekeena, metagailu hori erabat kargatuta dagoenean; anperetan neurtzen da.

- Karga-eraginkortasuna: metagailua erabat kargatzeko erabiltzen den energiaren eta benetan biltegitratzen denaren artean dagoen erlazioa. Beraz, erlazio hau % 100 ingurukoa izatea lortu behar da.
- Autodeskarga: metagailu elektriko bat guztiz deskargatzeko prozesuari deitzen zaio.
- Deskarga-sakonera: karga-ziklo batean edo deskarga-ziklo batean erabiltzen den bateriaren guztizko edukieraren ehunekoa da.

Bestaldetik, eguzki-instalazio fotovoltaikoetarako erabiltzen diren bateriak 10 urte inguruko bizitza erabilgarria izan ohi dute. Baina, deskargak maiz eta % 50etik gorakoak egiten badira, haien bizitza erabilgarria asko laburtzen da. Gainera, tenperatura eragin nabarmena izan dezakeen beste faktore bat da. Tenperatura 20 °C eta 25 °C tartekoa bada, bateriek 10 urte inguruko bizitza erabilgarria izan dezakete. Aitzitik, tenperatura 10 °C bada, baterien bizitza erabilgarria 5 urtetara laburtu daiteke.



11. Irudia. Bateria baten adibidea [27].

#### 4.3.5. Kable elektrikoak

Eguzki-kablea energia elektrikoa instalazio fotovoltaikoen artean korrante zuzena garraiatzeaz arduratzen da, eguzki-panelean sortzen denetik inbertsorean korrante alferno bihurtzen den arte [28]. Eguzki-kablea ohiko kable elektrikoarekin desberdintasunak ditu, garraiatu behar duen korrantea askoz handiagoa baita eguzki-kablearen kasuan. Izan ere, instalazio fotovoltaikoaren tentsioa baxua da 230 voltetako kontsumo-instalazio batekin alderatuta. Tentsio-erorketak eta energia-galerak korrante elektrikoaren araberakoak direnez, eguzki-kablearen sekzioak ohiko kable elektrikoaren sekzioak baino handiagoak dira, azken hauek 1,5 mm<sup>2</sup>-koak edo 2,5 mm<sup>2</sup>-koak izan ohi



dira. Eguzki-instalazio batean ohikoak diren sekzioak 4 mm<sup>2</sup>-tik 35 mm<sup>2</sup>-ra bitartekoak dira.

Eguzki-kablearen sekzioa aldatu egiten da tartearen arabera, ezaugarri elektrikoen eta tartearen distantziaren arabera. Tarte hauek osagai bakoitzaren arteko kable ibilbidea dira, 4 tarte nagusi bereizten direlarik:

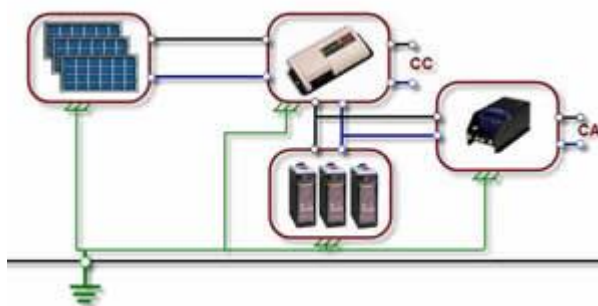
- 1. tarte: eguzki-panel bakoitzetik konexio-kutxara. Eguzki-panelak elkarren artean konektatzeko kable-sekzioak 4 mm<sup>2</sup>-koak edo 6 mm<sup>2</sup>-koak dira.
- 2. tarte: konexio-kutxatik karga-erreguladorera. Konexio-kutxaren eta karga-erreguladorearen arteko kable-sekzioa 10 mm<sup>2</sup> eta 50 mm<sup>2</sup> artekoa izan daiteke.
- 3. tarte: karga-erreguladoretik bateriara. Karga-erreguladorearen eta bateriaren arteko kable-sekzioa 16 mm<sup>2</sup> eta 35 mm<sup>2</sup> artekoa izan daiteke.
- 4. tarte: bateriatik inbertsorera. Bateriaren eta inbertsorearen arteko loturan, gutxienez 35 mm<sup>2</sup>-ko sekzioa jarri behar da, inbertsorearenganako sortzen diren korrante handiak direla eta.

1. tarte antzekoak diren hainbat tarte dira, tentsioa eta korronea berdinak direlako eta eguzki-paneletik konexio-kutxara dauden distantziak oso antzekoak direlako. Beraz, kable-sekzio bera erabili ohi da 1. tarteko konexio guztietarako. Aldiz, eguzki-panel bakarra balego, ez litzateke konexio-kutxarik egongo, eta 1. eta 2. tarteak zati bakar batean sinplifikatuko lirateke. Gainera, inbertsore hibridoak erabiltzen direnean, 3. eta 4. tarteak tarte bakarrean sinplifikatzen dira.

#### **4.3.6. Lur-konexioa**

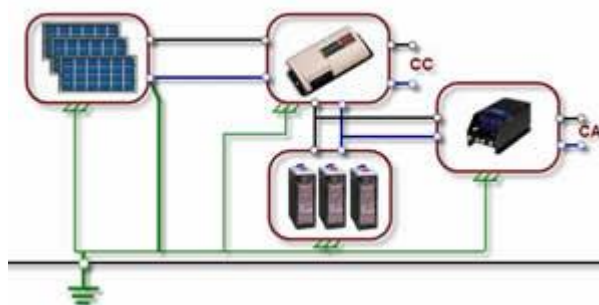
Instalazio fotovoltaikeen masak, Behe Tentsioko Araudi Elektroteknikoaren arabera, banaketa-enpresaren neutroarekiko independentea den lur batera konektatuta egongo dira, baita gainerako horniketaren masetara ere [29, 30]. Horrela, instalazio fotovoltaikearen masetarako lur-konexiorako puntu independente bat eduki beharko da. Ezaugarri horren arabera, eguzki-instalazio fotovoltaikeak honela sailka daitezke lur-konexio mota desberdinen arabera:

- Instalazio fotovoltaiko flotatzaileak: instalazio hauen bi eroaleak, polo positibo eta negatiboa, lurretik isolatuta daude. Abantaila bezala, zuzeneko edo zeharkako kontaktuen ondorioz ez dagoela arrisku elektrikorik izango litzateke. Desabantaila bezala, isolamendu-akatsak ezin direla hauteman izango litzateke. Horrek instalazioa elektrostatikoki kargatzea suposatuko luke, baterien sute-arriskua sortuz.



12. Irudia. Instalazio fotovoltaiko flotatzaileen eskema.

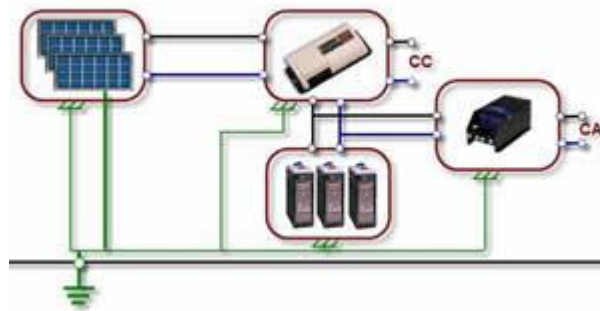
- Lurrera konektatutako instalazio fotovoltaikoak: instalazio hauetan, eroale aktibo bat, normalean negatiboa, lurrera konektatuta dago. Kasu honetan, eguzki-panelen polo negatiboa lurrera konektatuta egongo da. Konfigurazio honek sistema flotatzaileen eragozpenak saihesten ditu, baina zeharkako kontaktuen aurkako babes bereziren bat behar du. Horretarako, isolamendu mota berezi bat erabili beharko da edo 120 V-era mugatu tentsio zuzena hala nola.



13. Irudia. Lurrera konektatutako instalazio fotovoltaikoen eskema.

- Lurrera zentratutako instalazio fotovoltaikoak: eguzki-panel fotovoltaikoetako puntu bat lurrarekin konektatuta dago. Konfigurazio mota honek goi tentsioko instalazio handietan erabiltzen da, hala nola sarera konektatutako

instalazioetan. Gainera, eroale aktiboen eta lurraren arteko tentsioa eroaleen arteko tentsioaren erdia da, babes handiagoa lortuz.



14. Irudia. Lurrera zentratutako instalazio fotovoltaikoen eskema.

#### 4.3.7. Babes-koadroa

Babes-koadroa eguzki-instalazio ororen funtsezko zatia da [31]. Izan ere, eguzki-instalazio fotovoltaikoa tentsioetatik edo arrisku meteorologikoetatik babesten du. Funtsean, bi motatako babesak daude eguzki-instalazioetarako. Lehenengoez korrante zuzenarekin lan egiten dute eta ekipo elektrikoak gaintentsioetatik babesteaz arduratzen dira. Babesgarri horiek eraikinaren aurretik doan material guztia babesteaz arduratzen da. Babes hauetan komeni da atmosferaren deskargen aurkako babesle bat jartzea, arazo handiagorik izan ez dadin tximistaren bat eroriz gero. Babes elektrikoaren bigarren zatia instalazio fotovoltaikoaren korrante alernoaren babes osoa da. Babes horiek inbertsorearen ondoren jartzen dira, eta ekipo fotovoltaikoa zein eraikina tentsio-igoeretatik babesteko balio dute. Orokorrean, babes hauek segurtasuna bermatzen dute instalazio fotovoltaiko osoan, baldin eta akatsen bat badago.

Babes magnetotermikoak eta atmosferikoak elementu garrantzitsuak dira eguzki-instalaziorako beharrezko materiala ezartzerakoan, normalean aipatzea ahaztu egiten dena. Izan ere, babes hauek ez dira soilik ekipo fotovoltaikoa edo instalazio elektrikoak babesteko jartzen. Ondo instalatutako eta dimentsionatutako babesik gabe suteak, zirkuitu-laburrak, elektrokuzioak eta abar gerta daitezke. Are gehiago, ezin izango da instalaziorik legeztatu babes-neurri egoki guztiak ez baditu.

Aurrekoa jakinda, babes-koadroen zatirik funtsezkoenak magnetotermikoak, babes atmosferikoak eta fusibleak dira:

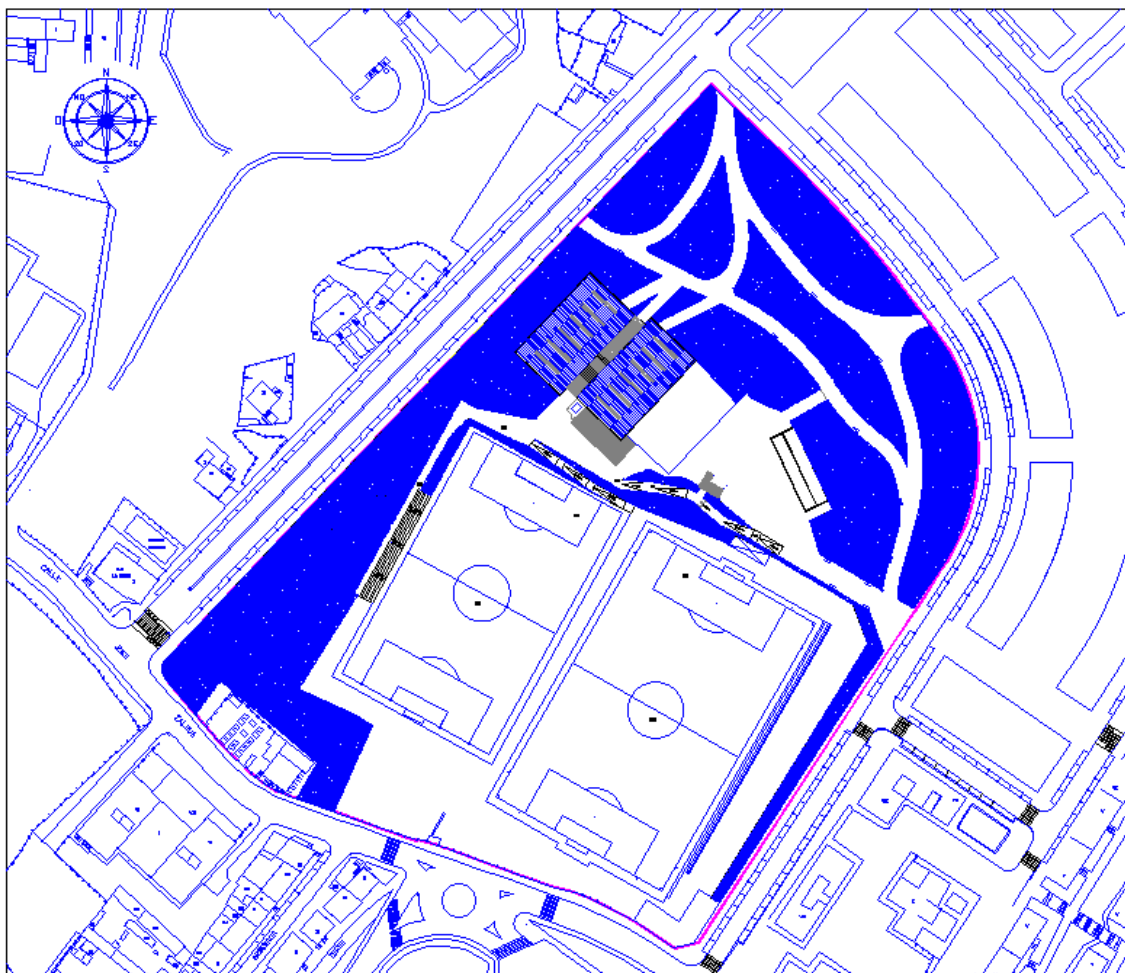
- Magnetotermikoak: etengailu modukoak dira, energiari bidea emanez eta etengailua itxiz, baldin eta energiaren balioak aurretiaz ezarritakoaren desberdinak badira. Horrela, elektrokuzioak, suteak eta abar saihestu daitezke.
- Deskarga atmosferikoen aurkako babesak: eguzki-ekipoak eragin diezaioketen kausa natural guztietatik babesten dituzte. Izatez, deskarga atmosferikoen aurkako babes horiekin tximista jasoko luketen eguzki-panelei bakarrik eragingo lieke, adibidez, instalazioaren gainerakoa babestuta egonik.
- Fusibleak: ustekabeko tentsio-igoeren aurka babesten dute eguzki-instalazio fotovoltaikoa, hori kaltetua izan ez dadin. Orokorrean, fusibleak gaitz handiagoak eteteko eta saihesteko elementuak dira. Fusibleak, erabili ondoren apurtzen dira, beraz, horiek ordezkatzeko beste bat eduki beharra dago.

## 5. Eremu geografikoaren azterlanak

Memoriaren atal honetan eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren abiapuntuko baldintzak jorratuko dira. Horretarako, eguzki-sistema zehazki non instalatuko den definituko da, instalazio gunearen mugapenak aipatuz eta horien aurka hartutako erabakiak zeintzuk diren zehaztuz. Gainera, eremu geografikoaren irradiazio mapa aztertuko da, honi buruzko zenbait iruzkin eginez.

### 5.1. Eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren kokapena

Proiektu honetan garatuko den eguzki-instalazio fotovoltaiakoa Portugalete (Bizkaia) Uri Ureneko Los Llanos kirolgunean kokatzen da (ikus 15. irudia). Horrela izanda, kiroldegiko hiru eremu posible aztertuko dira eguzki-instalazio fotovoltaiakoa egiteko: frontoiaren, padel pistetako eta futbol-zelaiko aldagelen teilatuetan.



15. Irudia. Portugaleteko Los Llanos kirolgunearen planoa [32].

Alde batetik, frontoia  $43^{\circ}31'99,79''\text{N}$  latitudean eta  $3^{\circ}02'64,49''\text{O}$  longitudean aurkitzen da. Frontoiarene bi sabaia 5 cm-ko lodiera, 35,60 m-ko luzera eta 41,60 m-ko arkua duten bi xaflez osatuta daude. Gainera, bi teilatu hauek  $134,88\text{ m}^2$ -ko azalera duen polikarbonatozko erdiko plataforma batez bereizita daude, 14 cm-ko lodiera duena. Beraz, aurreko datuak jakinda ondoriozta daiteke frontoiaren sabaietan ezingo direla eguzki-panel fotovoltaikoak kokatu, ezta erdiko plataforman ere. Izan ere, eguzki-panel konbentzional baten luzera 2 m-koa izan ohi da, 25 kg-ko pisua izanik. Horrek esan nahi du metro karratu bakoitzeko gehienez  $12,5\text{ kg}$  egongo direla, aipatutako egituren deformazioa edo haustura suposatuz. Horrela izanda, aukera hau baztertzeko da, ez delako ziurtatzen sabaiek eguzki-panelen pisuari eutsi ahalko diotenik, frontoiko langile eta kirolarien segurtasuna arriskuan jarritz.

Aurrekoa jakinda, frontoian instalazio fotovoltaikoa aurrera eramateko geratzen den hautabide bakarra eguzki-panelak kanpoaldeko hormetan jartzea izango litzateke. Aukera hori posible izateko eguzki-panelak euskarri egitura baten bidez kokatu beharko litezke hormetan zehar. Frontoiarene egitura bi horma motez osatuta dago: zeharkako horma, 20,35 m-ko zabalera duena eta luzerako horma, 36 m-ko luzera duena. Gainera, padel pistetako aldagelen teilatuan, frontoiaren kanpoko aldean dagoena, eguzki-panelak instalatzeko  $184\text{ m}^2$  inguruko azalera dago. Kontuan izan aldagelen sabaian aireztapenerako tximiniak daudela, eguzki-panelen kokapena zailtzen dutenak.



16. Irudia. Portugaleteko Los Llanos kirolguneko frontoia [33].

Bestaldetik, futbol-zelaiko aldagelak  $43^{\circ}31'8,78''\text{N}$  latitudean eta  $3^{\circ}02'72,27''\text{O}$  longitudean aurkitzen dira. Kasu honetan, instalakuntza eremuaren neurria  $29,57\text{ m} \times 9,36\text{ m}$ -koa da. Izan ere, eguzki-panelak aldagelen teilatuan kokatuko litezke, gune zapal laukizuzena baita. Gainera, eraikuntza adreiluz eta hormigoiz eginda dagoenez aldageletako erabiltzaileen segurtasuna bermatu daiteke, non eguzki-panel fotovoltaiakoak teilatuan inongo arazorik gabe instalatu daitezkeen. Aurrekoaz gain, aldagelen aireztapenerako teilatutik tximinia bat irteten dela kontuan izan beharra dago, non azalera erabilgarria murriztuko zukeen.



**17. Irudia.** Los Llanos futbol-zelaiko aldagelak.

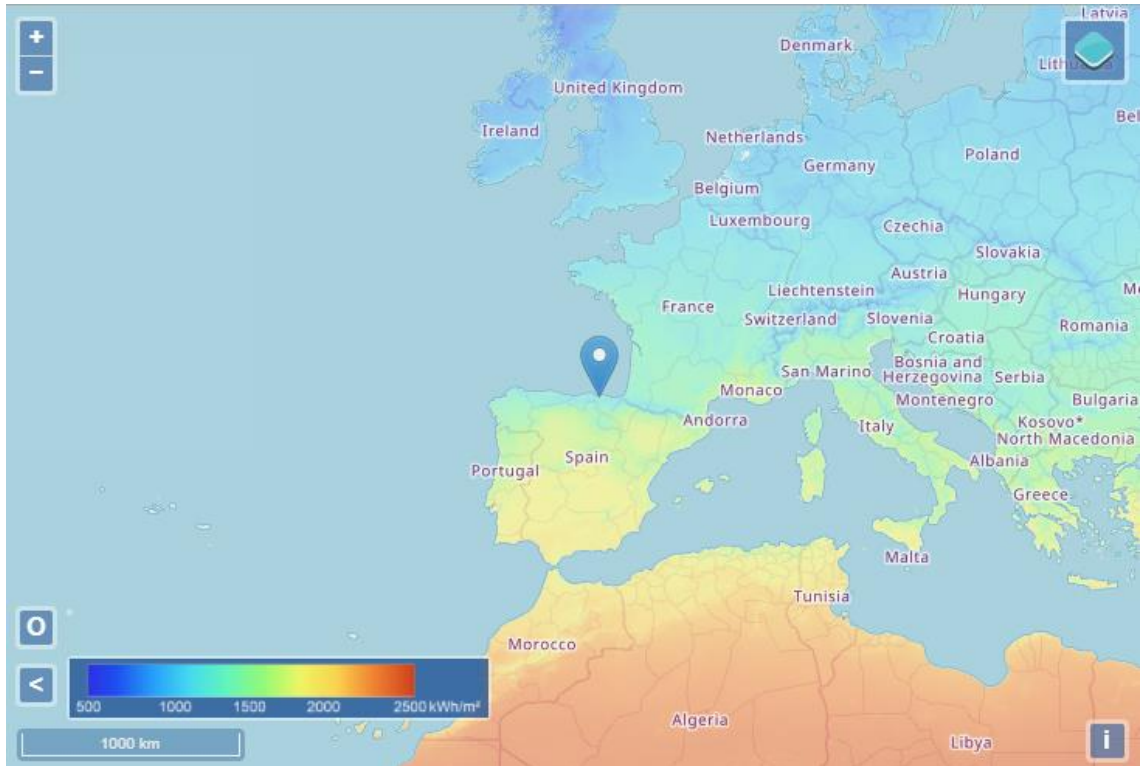
## 5.2. Eremu geografikoaren irradiazioa

Euskal Herriaren klimatologia klima ozeanikoa da eta, oro har, hodeitsua eta euritsua izan ohi da [34]. Horrek eguzki-energia sistema askoren erabilera kaltetzen du, bereziki zuzeneko irradiazio horizontala erabiltzen dutenena. Hala ere, tenperatura baxuetan lan egiten duten sistemekin lan egiteko aukerak ugariak dira, eguzki-panel fotovoltaiakoen kasuan adibidez.

Puntu jakin batean eguzki-irradiazioaren ezaugarriak ezagutzea ezinbestekoa da eguzki-sistemen bideragarritasuna ebaluatzeko, instalazioaren dimentsionamendu zuzenerako eta eguzki-panel fotovoltaiakoak erabiltzeak dakarren ekarpen energetikoaren iragarpenerako. Horretarako, Europar Komisioaren PVGIS sare libre eta irekiak eguzki-



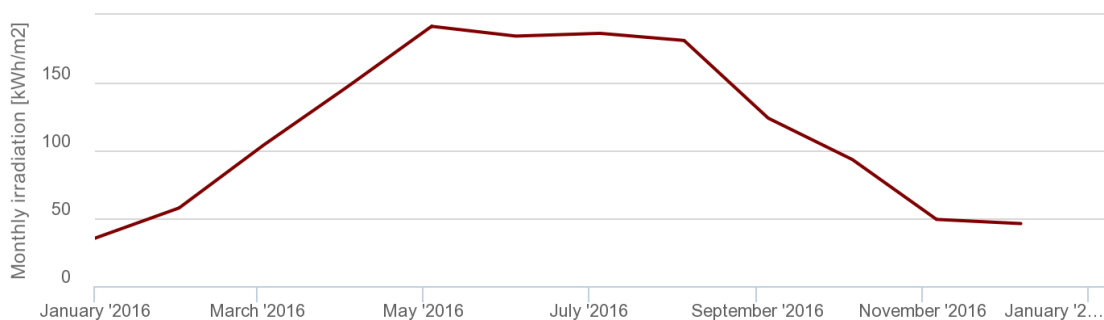
irradiazioaren eta panel fotovoltaikoen errendimenduaren ebaluaziorako tresnak eskaintzen ditu Europar mailan [35].



**18. Irudia.** Eremu geografikoaren irradiazio mapa.

Beraz, PVGISen eguzki-irradiazio tresna erabiliz, eguzki-instalazio fotovoltaikoaren eremu geografikoaren gutxi gorabeherako urteko irradianzia  $1.250 \text{ kWh/m}^2$ -koa dela ikusten da (ikus 18. irudia). Datu hau, nazioarteko hegoaldeko Autonomia Erkidegoekin konparatuz baxuagoa da, hauetan  $1.750 \text{ kWh/m}^2$  inguruko urteko irradianzia igortzen baita. Nahiz eta europar mailan konparatzen bada, eguzki-sistemaren instalazio eremuaren irradiazioa handiagoa da. Europako erdialdean gutxi gorabeherako  $1.000 \text{ kWh/m}^2$  urteko irradianzia maximoa dagoela erreparatu daiteke eta Europako iparraldean  $750 \text{ kWh/m}^2$  urteko irradianzia. Horrela izanda, eguzki-instalazioaren eremu geografikoa Espainian egokia dela ondoriozta daiteke, Europar mailan eguzki-irradiazio gehien jasotzen duen herrialdea baita. Aldiz, Espainiako hegoaldean dauden Autonomia Erkidegoekin konparatuz, eguzki-irradiazio gutxiago jasotzen da Euskal Autonomia Erkidegoan.





**19. Irudia. Eremu geografikoaren hileroko eguzki-irradiazioaren aurreikuspenak.**

Datu zehatzagoak lortzeko, PVGISek eskainitako eguzki-irradiazio tresnak eremu geografikoaren hileroko eguzki-irradiazioa aurreikusi dezake. Portugaleteko Los Llanos eremuan  $191,48 \text{ kWh/m}^2$  hileroko irradiazio maximoa balioztatu daiteke, kasu honetan 2016ko maiatzean (ikus 19. irudia). Bestaldetik, 2016ko urtarrilean hileroko irradiazio minimoak balioetsi ziren,  $35,31 \text{ kWh/m}^2$  izanik.

## 6. Alternatiben analisia

---

Eguzki-instalazio fotovoltaikoa diseinatzerako orduan, garrantzitsua da aukera hoberenak aukeratzea faktore ezberdinak kontuan hartuz. Horretarako, beharrezkoa izango da hautatu behar diren diseinu elementu nagusien alternatiba ezberdinen azterketa eta konparaketa egitea.

Hau kontuan izanik, hurrengo aspektuen deskribapena eta ikerketa egingo da, egokiena aukeratu ahal izateko: eguzki-panel fotovoltaikoa, erreguladorea, inbertsorea eta bateria.

Alternatiben analisia egiteko, batuketa haztatua deituriko prozedura erabiliko da [36]. Horretarako, aukera ezberdinen artean erabakitzeke lehenik eta behin, faktore batzuk zehaztuko dira eta bakoitzari pisu bat egokituko zaio, honek erabakian izango duen garrantziaren arabera. Gero, faktore bakoitza, esate baterako, eguzki-panel fotovoltaikoentzako panelaren tamaina, tentsio izendatua eta faktore ekonomikoa 0tik 10era kalifikatuko dira zehaztu diren aukeren arabera. Azkenik, hurrengo formula erabiliz aukera egokiena zein den zehaztuko da. Alternatiba hoberena, batuketa haztatuaren emaitza altuena duena izango da.

$$BH = \sum_l^n p_i \cdot x_i \quad (2)$$

### 6.1. Eguzki-panel fotovoltaikoa

Eguzki-panel fotovoltaikoaren eginkizuna eguzki-argiaren bidez elektrizitatea sortzea izango da. Berriz ere horren funtzionamendua gogorarazteko, eguzki-argiak panelaren zelula fotovoltaikoetan eragiten du, geruzen artean eremu elektriko bat sortuz. Horrela zirkuitu elektriko bat sortzen da, eguzki-energia fotovoltaikoaren funtzionamenduaren arduradun nagusia dena. Zenbat eta intentsitate handiagoa izan argiak, orduan eta handiagoa izango da fluxu elektrikoa.

### **6.1.1. Alternatiben deskribapena**

Eguzki-panel fotovoltaikei dagokienez JA Solar 450 W 24 V Monocristalino PERC eguzki-panela eta 340 W 24 V Policristalino ERA eguzki-panela aztertuko dira.

#### **➤ JA Solar 450 W 24 V Monocristalino PERC eguzki-panela**

Eguzki-panel monokristalino hau, JA Solar fabrikatzailearen potentzia handiko modulu fotovoltaikeo bat da [37]. Bere ezaugarrien artean, korrante elektriko ekoizpen handia eta errendimendu termiko hobea eskaintzen duten PERC motako zelula monokristalinoz osatuta dago, hau da, silizio kristal bakarretik datorren zelulez osatuta dago [38]. Eguzki-panela fabrikatzeko teknologia guztiek % 20,2rainoko efizientzia lortzea ahalbidetzen diote. Gainera, bere izenak dioen bezala, 450 W-ko beharrezko potentzia du eta 24 V-eko lan-tentsioa. Horrekin guztiarekin, eguzki-panel mota honek kalitate-prezio erlazioa oso ona du, goi-mailako eguzki-panelen teknologiak 176,38 €/gatik eskainiz. Eguzki-panel mota honen dimentsioak 2120 mm × 1052 mm × 40 mm-koak dira, 25 kg-ko pisuarekin.

#### **➤ 340 W 24 V Policristalino ERA eguzki-panela**

Eguzki-panel polikristalinoa kalitate-prezio erlazio handia duen panel fotovoltaikeo bat da, eguzki-ekoizpen bikaina eta iraunkortasun handia eskaintzen duena 127,35 €/gatik. Eguzki-panel mota hau fabrikatzeko teknologiek % 17,5 baino efizientzia handiagoa lortzeko aukera eman diote. Izan ere, teknologia polikristalinoak, hau da, silizio kristal txiki ugariz osatuta dagoena, oso ekoizpen aipagarria eskaintzen du edozein baldintza atmosferikoetan [39]. Eguzki-panelak, 340 W-ko beharrezko potentzia du eta 24 V-eko lan-tentsioa. Aipatzekoa da gainontzeko eguzki-panelak baino ezaugarri fisiko txikiagoak dituela, 1956 mm × 992 mm × 40 mm-ko neurriak ditu, 21 kg inguruko pisuarekin.

### **6.1.2. Alternatiben analisisa**

Eguzki-panel fotovoltaikoa aukeratzeko orduan hurrengo faktoreak kontuan hartuko dira: panelaren tamaina, lan-tentsioa, beharrezko potentzia, temperatura koefizientea eta faktore ekonomikoa [40].

- Panelaren tamaina: panelaren tamaina parametro garrantzitsuenetako bat da. Eguzki-panelak kokatu baino lehen, panelak nola jarriko diren antolatu beharra dago eta ikusi zenbat espazio okupatzen duten. Baita ere garrantzitsua da panelak lekualdatzeko behar diren baliabideak zehaztea, zenbait kasutan mugitu behar diren panelak oso handiak baitira.
- Lan-tentsioa: eguzki-panel baten lan-tentsioa 12 V-ekoa edo 14 V-ekoa izan ohi da. Normalean, instalazio handietarako 48 V-eko tentsioa duten eguzki-panelak aukeratzen dira. Horregatik, inbertsorea, erreguladorea eta bateriak 48 V-ekoak aukeratzen dira. Beraz, aurrekoarentzako soluzioa 24 V-eko bi panel seriean konektatzea izango litzateke. Ondoren, hainbat eguzki-panel fotovoltaiko paraleloan jar daitezke sistemaren potentzia handitzeko, hau da, serie-paralelo konexioa edo konexio mistoa.
- Beharrezko potentzia: eguzki-panelak potentzia maximoaren arabera bereizten dira watt-pikutan ( $W_p$ ), lor daitekeen potentzia maximoa adieraziz. Parametro hau oso garrantzitsua da panel kopurua kalkulatzeko, instalazioaren koordinatuetan eta panel bakoitzaren potentzian oinarritzen baita. Ondorioz, potentzia handiagoko eguzki-panel bat aukeratzen bada, energia gehiago sortuko da egunean zehar.
- Temperatura koefizientea: eguzki-panel monokristalino edo polikristalino baten ezaugarri-orrietan agertzen den parametroa da. Eguzki-zelularen temperatura 25 °C-etik gora igotzen den gradu zentigradu bakoitzeko galtzen den potentzia ehunekoa adierazten du (%/°C-etan edo %/K-etan adierazita). Ezaugarri-orriei begiratuz gero, ikusi daiteke nola eguzki-panel monokristalinoaren temperatura koefizientea (-0,350 %/°C) eguzki-panel polikristalinoarena (-0,380 %/°C) baino txikiagoa dela. Horrek esan nahi du monokristalinoaren errendimendua temperatura altuetan handiagoa dela.
- Faktore ekonomikoa: produktu bat erosterako orduan prezioa garrantzi gehien duen faktoretariko bat da. Aukera ezberdinak aztertu eta gero, eta ezarritako

helburuak betetzen dituztela baieztatuta, batekin soilik geratzeko parametroa izan daiteke.

Aurkeztu den faktore bakoitzari, proiektu honetan izango duten garrantziaren arabera, ondorengo pisuak egokitu zaizkio: panelaren tamaina = % 25, lan-tentsioa = % 15, beharrezko potentzia = % 25, tenperatura koefizientea = % 15 eta faktore ekonomikoa = % 20.

Orduan, zehaztu diren eguzki-panelen artean puntuazio bat jartzen zaio aukera bakoitzari aurkeztu dituzten ezaugarrien arabera. Beraz, batuketa haztatuaren metodoa aplikatuz, eguzki-panel fotovoltaikei zehaztutako puntuazioak lortzen dira (ikus 1. taula):

**1. Taula.** Eguzki-panel fotovoltaikeen arteko konparaketa.

FAKTOREAK	PISUAK	EGUZKI-PANEL MONOKRISTALINOA	EGUZKI-PANEL POLIKRISTALINOA
Panelaren tamaina	% 25	7	8
Lan-tentsioa	% 15	7	7
Beharrezko potentzia	% 25	9	7
Tenperatura koefizientea	% 15	8	7
Faktore ekonomikoa	% 20	7	8
<b>BH</b>		<b>7,65</b>	<b>7,45</b>

Behin faktore ezberdinen pisuak eta modelo bakoitzari esleitutako kalifikazioak ikusita, **JA Solar 450 W 24 V Monocristalino PERC eguzki-panela** aukeratuko da instalazio fotovoltaikea egiterako orduan. Nahiz eta panelaren tamaina garrantzitsua den, beharrezko potentzia are garrantzitsuagoa den parametroa da, honi esker potentzia gehiago sortuko baita egunean zehar. Beraz, espazioa ahalik eta gehien aprobetxatzeko

eguzki-panel fotovoltaikoaren kokatze-orientazio hoberena lortu beharko da, honen errendimendurik handiena lortzeko.

## 6.2. Erreguladorea

Eguzki-erreguladorea edo karga-erreguladorea eguzki-instalazioetan beharrezkoa den gailu bat da, eguzki-paneletan sortutako energia baterietarako sarreran erregulatzeaz arduratzen baita [41]. Alde batetik, bateriaren bizitza luzatzea ahalbidetzen du eta bestetik, instalazioaren funtzionamenduari buruzko informazio eta parametroak lortzea ahalbidetzen du.

### 6.2.1. Alternatiben deskribapena

Erreguladoreei dagokienez 48 V 50 A PWM Must Solar erreguladorea eta 12 V / 24 V / 48 V 80 A MPPT Must Solar erreguladorea aztertuko dira.

#### ➤ 48 V 50 A PWM Must Solar erreguladorea

PWM Must Solar erreguladorea 48 V-eko instalazioetan lan egiteko prestatuta dago. Tentsio hori errespetatu beharko da bai panelen sarreran, bai baterien konexioan [42]. LCD pantailaren bidez, eguzki-ekoizpenaren parametroak monitorizatu eta kontrolatu ahal izango dira. Karga-erreguladore mota honek oso prezio baxuan eta funtzionamendu- eta babes-prestazio handiak eskaintzen ditu, 89,54 €-gatik hala nola. PWM erreguladore honek 48 V-etan 3.200 W gehienez jasan dezake 48 V-eko eguzki-panel fotovoltaikoen konexioetan.

#### ➤ 12 V / 24 V / 48 V 80 A MPPT Must Solar erreguladorea

MPPT Must Solar erreguladorea eguzki-karga kontrolatzaile aurreratua da, MPPT maximizatzailea deritzona [43]. Konektatuko den 12 V, 24 V edo 48 V-eko bateriaren karga egiteko eta edozein motako eguzki-panelak 80 A intentsitate maximora konektatzeko aukera ematen du. Gainera, LCD pantaila bat du, eta bertatik instalazioaren funtzionamendua ikusi eta sistemaren ezaugarrietarako egokitutako konfigurazioa aukeratu daiteke. Horretaz aparte, ezaugarri bikainak diru oso prezio lehiakorrean, 248,36 €-tan. MPPT erreguladorearen eraginkortasuna % 99koa da, abiadura eta errendimendu handia ziurtatuz baldintza klimatiko aldakorretarako,

eguzki-panel fotovoltaikoak haren potentzia maximoko puntuan lan egingo duela bermatuz.

### **6.2.2. Alternatiben analisisia**

Erreguladorearen aukeraketa hurrengo faktoreetan oinarrituko da: eguzki-panelen zelula kopurua, baterien tentsioa, korrante eta tentsio izendatua, potentzia maximoa eta faktore ekonomikoa [44].

- Eguzki-panelen zelula kopurua: MPPT erreguladoreek 36 zelulako panelekin, 60 zelulako panelekin eta 72 zelulako panelekin lan egin dezakete. Aldiz, PWM erreguladoreek 36 zelulako panelekin eta 72 zelulako eguzki-panelekin soilik lan egin dezakete. Normalean, zelula kopurua eguzki-panelen tentsioarekin erlazionatuta dagoela kontuan izan beharra dago. Esate baterako, 36 zelulako eguzki-panelak 12 V-ekoak izaten dira eta 72 zelulako eguzki-panelek 48 V-ekoak [45].
- Baterien tentsioa: PWM erreguladoreak eguzki-panelen eta baterien tentsioa berdina bada bakarrik erabil daitezke, hau da, 24 V-eko eguzki-panelekin eta 12 V-eko bateriekin ezingo da PWM karga-erreguladore bat instalatu, aukera posible bakarra MPPT erregulatzailea izanik. Horrela izanda, MPPT erreguladoreek baterien irteeran korrantea maximizatzen dute, eguzki-panelen tentsioa baterien tentsiora egokitzeke gai baitira. Horri esker, panelak ahalik eta potentzia handieneko puntuan funtziona dezake, une bakoitzean ekoizpen-eraginkortasun handiena lortzeko.
- Korrante eta tentsio izendatua: PWM erreguladoreek intentsitate izendatua gaitzen dutenean matxuratzen dira. MPPT erreguladoreak, berriz, sarrerako tentsio fotovoltaikoa gaitzen dutenean matxuratu egiten dira. Beraz, kontuan hartu beharreko bi parametro dira instalazio fotovoltaikoaren funtzionamendu egokirako.
- Potentzia maximoa: erreguladorearen ezaugarri-orrietan begiratzuz gero, onartzen den potentzia maximoari behatu beharko zaio. Orduan, konektatuko den bateriaren tentsioa 12 V, 24 V edo 48 V-ekoa dela kontuan hartuz, panel

guztien potentzia ez da inoiz erreguladorearen potentzia baino altuagoa izan behar. Beraz, tentsio izendatua korrante izendatuarekin biderkatuz gero erreguladore bakoitzaren potentzia maximoa lor daiteke: 2,4 kW PWM erreguladorearena eta 3,84 kW MPPT erreguladorearena.

- Faktore ekonomikoa: produktu bat erosterako orduan prezioa garrantzi gehien duen faktoretariko bat da. Aukera ezberdinak aztertu eta gero, eta ezarritako helburuak betetzen dituztela baieztatuta, batekin soilik geratzeko parametroa izan daiteke.

Aurkeztu den faktore bakoitzari, proiektu honetan izango duten garrantziaren arabera, ondorengo pisuak egokitu zaizkio: eguzki-panelen zelula kopurua = % 20, baterien tentsioa = % 20, korrante eta tentsio izendatua = % 20, potentzia maximoa = % 25 eta faktore ekonomikoa = % 15.

Orduan, zehaztu diren erreguladoreen artean puntuazio bat jartzen zaio aukera bakoitzari aurkezten dituzten ezaugarrien arabera. Beraz, batuketa haztatuaren metodoa aplikatuz, erreguladoreei zehaztutako puntuazioak lortzen dira (ikus 2. taula):

**2. Taula. Erreguladoreen arteko konparaketa**

FAKTOREAK	PISUAK	PWM ERREGULADOREA	MPPT ERREGULADOREA
Eguzki-panelen zelula kopurua	% 20	7	9
Baterien tentsioa	% 20	6	9
Korrante eta tentsio izendatua	% 20	7	7
Potentzia maximoa	% 25	7	8
Faktore ekonomikoa	% 15	9	7
<b>BH</b>		<b>7,1</b>	<b>8,05</b>



Aukeraketa egiteko, proiekturako faktore garrantzitsuenak kontuan hartu izan dira. Izan ere, erreguladoreen arteko konparaketa egin ondoren **12 V / 24 V / 48 V 80 A MPPT Must Solar erreguladorea** egokiena izango dela ondorioztatu da. Alde batetik, eguzki-panel fotovoltaiako ia mota guztiekin konektatu daiteke, baita ia edozein tentsiotako bateriekin erabili daiteke. Bestaldetik, ekonomikoki egin beharko den inbertsioa handiagoa izango da, baina kontuan izan behar da epe luzera begira egindako inbertsioa bueltan etorriko dela.

### 6.3. Inbertsorea

Korrante zuzena korrante alerno bihurtzeaz arduratzen den gailuari inbertsore deritzo. Gainera, korrante alernoarekin sare elektrikora isuriko denez, seinalearen uniformetasuna, kalitatea eta sare elektrikoaren ezaugarri berdinak bermatu beharko ditu.

#### 6.3.1. Alternatiben deskribapena

Inbertsoreei dagokienez 50 kW Riello Sirio TL 50 sare trifasikoko inbertsorea eta 5 kW Growatt SPH5000 inbertsore hibridoa aztertuko dira.

##### ➤ 50 kW Riello Sirio TL 50 sare trifasikoko inbertsorea

Inbertsore honek 380 V edo 400 V-eko sare trifasikoetarako 50 kW-rainoko irteerako potentzia sor dezake, 50 Hz edo 60 Hz maiztasunarekin [46]. Gainera, 1100 V-eko sarrerako tentsioa eta 110 A-ko sarrerako korrante maximoa jasan dezake. Beste era batean esanda, eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren potentzia-pikua gehienez 121 kW<sub>p</sub> izan daiteke. Riello Sirio inbertsoreak, 4 MPPT integraturik ditu, guztira 10 sarrera asimetrikoki bananduta izanik. Lehenengo bi MPPT erreguladoreek 3 sarrera dituzte eguzki-panelak konektatzeko, erreguladore bakoitzak 33 A jasaten ditu. Beste bi erreguladoreek, 2 sarrera dituzte eguzki-panelak konektatzeko eta bakoitzak 22 A arte eusten dio. Tenperaturari dagokionez, inbertsoreak -25 °C eta 60 °C tarteko tenperaturetan lan egin dezake. Aurrekoari gehitu behar zaio inbertsore honen prezioa 4.840,00 €-koa dela.

##### ➤ 5 kW Growatt SPH5000 inbertsore hibridoa

Inbertsore hibrido monofasikoa sarera konektatzeko inbertsore eredu aurreratu bat da, autokontsumorako tentsio handiko bateriekin lan egiteko gai dena [47]. Izan ere, sarera konektatuta lan egiteko berezitasuna du, baina tentsio handiko baterietara ere konektatu daiteke, eguzki-panelen sortzen duten energia guztia biltzeko. Gainera, inbertsoreak larrialdiko erreserba sistema baterako irteera du, sarea erortzen den egoeretan hornidura izaten jarraitzeko. Une horretan inbertsoreak 3000 W-ko potentziarekin elikatu daiteke. Inbertsore honek 2 MPPT integratuta dituela eta 48 V-eko bateriekin lan egin dezakeela aipatzekoa da. Funtzionamendu tenperaturari dagokionez -25 °C eta 60 °C tarteko tenperaturetan lan egin dezake. Hau guztia 5 kW Growatt SPH500-a inbertsore monofasiko hibridoei dagokiela, 1.555,71 €-tan salgai aurkitu daiteke merkatuan.

### **6.3.2. Alternatiben analisisia**

Inbertsorearen aukeraketa hurrengo faktoreetan oinarrituko da: potentzia maximoa, lan-tenperatura, inbertsorearen tentsioa, sarrerako korrante maximoa eta faktore ekonomikoa [48].

- Potentzia maximoa: eskaini dezakeen potentzia maximoari egiten dio erreferentzia eta potentzia izendatuaren bikoitza izan ohi da. Potentzia maximoa segundo gutxi batzuetan ematen da, eta kargaren kontsumoari erantzuteko balio du. Kontuan izan beharra dago inbertsore trifasikoak 50.000 W-ko potentzia askatzen duela. Aldiz, inbertsore hibrido monofasikoak 5.000 W-ko potentzia maximoa isuri dezake sare elektrikora egoera normaletan.
- Lan-tenperatura: kontuan hartu beharreko beste balio bat da, eta normalean 25 °C da. Giroko tenperatura handitzen denean, inbertsorean bertan Joule efektuak sortutako beroaren disipazioa zailagoa bihurtzen da. Ondorioz, inbertsoreak eskaini dezakeen potentzia gutxitu egiten da.
- Inbertsorearen tentsioa: baterien bankuarekin zuzenenean lotuta dagoen parametroa da. 12 V-eko inbertsoreek potentzia baxuak izan ohi dituzte, 2.000 W-raino. 24 V-eko inbertsoreek 2.000 W-tik 3.000 W-ra bitarteko potentzia dute eta 48 V-ekoek 4.000 W-tik 10.000 W-raino. Potentzia-tentsio

erlazio hori korrante zuzena alternora bihurtzeagatik eta bateria-lerroetatik inbertsorera pasatzen den intentsitateagatik gertatzen da.

- Sarrerako korrante maximoa: potentzia maximoarekin batera, inbertsorearen parametrorik garrantzitsuena da. Izan ere, eguzki-panelek sortutako korrantea ezin da inoiz inbertsorearen korrante maximoa baino handiagoa izan. Alde batetik, Riello etxeko inbertsorearen korrante maximoa 110 A dira, zirkuitu-laburreko korrante maximoa 140 A izanik. Aldiz, inbertsore hibridoak 24 A-ko korrante maximoa du, 12 A MPPT erreguladore bakoitzeko. Orduan, inbertsorearen aukeraketan, parametro hau mugatzailea izango litzateke.
- Faktore ekonomikoa: produktu bat erosterako orduan prezioa garrantzi gehien duen faktoretariko bat da. Aukera ezberdinak aztertu eta gero, eta ezarritako helburuak betetzen dituztela baieztatuta, batekin soilik geratzeko parametroa izan daiteke.

Aurkeztu den faktore bakoitzari, proiektu honetan izango duten garrantziaren arabera, ondorengo pisuak egokitu zaizkio: potentzia maximoa = % 25, lan-tenperatura = % 15, inbertsorearen tentsioa = % 20, sarrerako korrante maximoa = % 25 eta faktore ekonomikoa = % 15.

Orduan, zehaztu diren inbertsoreen artean puntuazio bat jartzen zaio aukera bakoitzari aurkezten dituzten ezaugarrien arabera. Beraz, batuketa haztatuaren metodoa aplikatuz, inbertsoreei zehaztutako puntuazioak lortzen dira (ikus 3. taula):

**3. Taula. Inbertsoreen arteko konparaketa.**

FAKTOREAK	PISUAK	INBERTSORE TRIFASIKOAK	INBERTSORE HIBRIDOAK
Potentzia maximoa	% 25	9	6
Lan-tenperatura	% 15	7	7
Inbertsorearen tentsioa	% 20	9	6
Sarrerako korrante maximoa	% 25	9	6
Faktore ekonomikoa	% 15	6	8
<b>BH</b>		<b>8,25</b>	<b>6,45</b>

Taulako emaitzei erreparatuz, **50 kW Riello Sirio TL 50 sare trifasikoko inbertsorea** hautatu egingo da. Hau hautatzeak 12 V / 24 V / 48 V 80 A MPPT Must Solar erreguladorea baztertzea suposatzen du, inbertsore hibridoak DC-DC eta DC-AC bihurgailuak baitauzka inplementaturik barnean. Beraz, elementu bat aurrezteaz aparte, inbertsore trifasikoaren inplementazioak potentzia gehiago sortzea ahalbidetzen du, energia gehiago ekoitziz egunean zehar. Gainera, inbertsore hibridoak baino ezaugarri hobeagoak dauzka, batez ere potentzia maximoan eta sarrerako korrante maximoan, instalazio fotovoltaiakoak diseinatzeko orduan parametririk garrantzitsuenak direnak.

#### 6.4. Bateria

Eguzki-panelentzako bateriak energia-metagailuak dira eta panel fotovoltaiakoek sortutako eguzki-energia biltegitratzea ahalbidetzen dute [49]. Energia hori eguneko edozein unetan erabil daiteke, saretik ustiatzen den energia bezala.

#### 6.4.1. Alternatiben deskribapena

Bateriei dagokienez 600 Ah 6 V Ultracell UZS6600-6 bateria egonkorra eta 48 V BYD B-Box Premium LVS 3,8 kWh litiozko bateria dira ezagunenak. Hortaz, bi aukera hauek aztertuko dira.

##### ➤ 600 Ah 6 V Ultracell UZS6600-6 bateria egonkorra

Bateria egonkor mota honek etekin bikaina eskaintzen du preziorik onenean, 399,69 €-gatik hala nola [50]. Bere ezaugarrietatik aipatzekoak dira bizitza erabilgarri luzea eta deskarga ezaugarri bikainak dituela, 8 eta 10 urte ingurukoa. Bateria honek 3.600 Wh-ko potentzia izan dezake gehienez. Beraz, bi bateria instalatzen badira 12 V-eko sistema baterako, 7.200 Wh-ko energia metatu ahal izango da. 24 V-eko sistemetarako, gehienez 14.400 Wh-ko potentzia eduki ahal izango da, eta horrela hurrenez hurren. Ultracell bateriaren neurriak hauek dira: 295 mm-ko zabalera, 408 mm-ko altuera eta 178 mm-ko sakonera. Pisu unitarioa, azidoa barne, 52 kg dira.

##### ➤ 48 V BYD B-Box Premium LVS 3,8 kWh litiozko bateria

Bateria modular hau litio ferrofosfatoko metagailu bat da [51]. Beste bateriek ez bezala, metaketa handiagoa, babesa eta kablerik gabeko konexioak behar dituzten sistemetarako jauzi kualitatibo handia suposatzen du. Haren moduluek dentsitate handiagoa eta pisu txikiagoa ematen diote, gaitasun energetikoa mantenduz. Modelo honek baterien modulu bakarra osatzen du, energia erabilgarriaren 3,84 kWh eskainiz. Kontuan izan beharra dago edukiera handiagoko multzo bat osatu daitekeela, guztira 6 modulu izan daitezke guztira, biltegiatutako energia erabilgarriaren 23 kWh-raino eskaintzen dituztenak. Horri gehitu behar zaio 4 moduluko 16 dorre paraleloan instalatu daitezkeela, 245,8 kWh metatzeko. Horrela, 640 mm × 298 mm × 1.622 mm-ko guztizko egitura modular totala eratu daiteke, modulu bakoitzak 42 kg pisatzen dituelarik. Gainera, sarera isolatutako eta sarera konektatutako autokontsumorako egokia den bateria mota da. Aurreko berrikuntza guztiak amortizatzeko, BYD fabrikatzaile txinatarrek 2.651,06 €-gatik saltzen duen bateria da, 10 urteko bermea emanez.

#### 6.4.2. Alternatiben analisia

Aurkeztu diren faktore bakoitzari, proiektu honetan izango duten garrantziaren arabera, ondorengo pisuak egokitu zaizkio: karga-ahalmena, deskarga sakonera, bizitza sakonera, tentsio izendatua eta faktore ekonomikoa [52].

- Karga-ahalmena: eguzki-bateria baten karga ahalmena bateria batek eman dezakeen elektrizitate-kantitatea da orduko anperetan neurtuta (Ah). Jakina, bateria bat kargatu ahal izateko, eguzki-panelak beharko dira eta karga-erreguladoreari konektatu beharko zaio. Alde batetik, litiozko bateria modularren karga ahalmena ez da ezaugarri-orrietan agertzen, nahiz eta potentzia erabilgarria tentsio izendatuarekin zatituz gero 75 Ah-ko karga ahalmena lortzen da. Bestaldetik, bateria egonkorren kasuan, 600 Ah-ko karga ahalmena eskaintzen du, litiozko bateria baino 8 aldiz handiagoa.
- Baterien tamaina: bateriak gordetzeko tokia mugatuta badago, baterien tamaina kontuan hartzeko parametro bat da. Izan ere, bateria modularrek abantaila nabarmenak aurkezten dituzte bateria konbentzionalen aldean. Bateria modularrak bata bestearen gainean kokatu daitezke, goranzko espazioa aprobetxatuz. Aldiz, bateria konbentzionalek lurreko espazioa soilik okupatu dezakete. Horretaz gain, bateria modularren garraioa askoz ere errazagoa da konbentzionalena baino, forma laukizuzena edukitzeak asko errazten baitu garraioa.
- Bizitza erabilgarria: bateria baten bizitza erabilgarritzat jotzen dugu bateriak bere kapazitate izendatuaren % 80tik gorako hondar-ahalmena mantenduz jasan ditzakeen zikloen kopuruari. Instalazio fotovoltaikoetako baterien bizitza erabilgarria karga/deskarga ziklo kopuruetan neurtzen da. Beraz, bateriaren lan-erregimena egunerokoan ziklo asko jasaten baditu, haren bizitza erabilgarria murriztuko da. Aldiz, lan-erregimena ziklo gutxiagokoa bada, bizitza erabilgarria luzatuko da.
- Tentsio izendatua: bateria baten tentsio izendatua 6 V, 12 V, 24 V edo 48 V-ekoa izan ohi da. Normalean, instalazio handietarako 48 V-eko tentsioa duten bateriak

aukeratzen dira. Horregatik, eguzki-panel fotovoltaikoak, inbertsorea, eta erreguladorea 48 V-ekoak aukeratzen dira. Beraz, 6 V-eko bateriarentzako soluzioa 8 bateria seriean konektatzea izango litzateke. Hala eta guztiz ere litiozko bateriaren tentsio izendatua, ezaugarri-orrietan begiratuz, 51,2 V-ekoa dela ikus daiteke. Beraz, ez litzateke seriean konexiorik egin behar azken honetan. Ondoren, hainbat bateria paraleloan jar daitezke sistemaren potentzia handitzeko.

- Faktore ekonomikoa: produktu bat erosterako orduan prezioa garrantzi gehien duen faktoretariko bat da. Aukera ezberdinak aztertu eta gero, eta ezarritako helburuak betetzen dituztela baieztatuta, batekin soilik geratzeko parametroa izan daiteke.

Aurkeztu den faktore bakoitzari, proiektu honetan izango duten garrantziaren arabera, ondorengo pisuak egokitu zaizkio: karga-ahalmena = % 30, baterien tamaina = % 20, bizitza erabilgarria = % 15, tentsio izendatua = % 20 eta faktore ekonomikoa = % 15.

Orduan, zehaztu diren baterien artean nota bat jartzen zaio aukera bakoitzari aurkezten dituzten ezaugarrien arabera. Beraz, batuketa haztatuaren metodoa aplikatuz, bateriei zehaztutako puntuazioak lortzen dira (ikus 4. taula):

**4. Taula. Baterien arteko konparaketa.**

FAKTOREAK	PISUAK	BATERIA EGONKORRA	LITIOZKO BATERIA MODULARRA
Karga-ahalmena	% 30	9	5
Baterien tamaina	% 20	6	8
Bizitza erabilgarria	% 15	7	8
Tentsio izendatua	% 20	6	9
Faktore ekonomikoa	% 15	9	5
<b>BH</b>		<b>7,5</b>	<b>6,85</b>

Proiektuaren helburuak ezaguturik, proposatu den eguzki-instalazio fotovoltaikoa egiteko bateriarik egokiena **600 Ah 6 V Ultracell UZS6600-6** **bateria egonkorra** izango litzateke. Bere prezio hain baxua eta eskaintzen dituen ezaugarriak bateria hau aukeratzeko zergatiak izan dira. Izan ere, garrantzia gehien duen parametroa karga-ahalmena da, non instalazioan ekoiztuko den energiaren arabera, bateria kantitate gehiago ala gutxiago zehaztuko dira. Bestaldetik, bateria egonkorraren desabantailarik handiena hau gordetzeko espazioa izango litzateke, ezin baitira bertikalki biltegitatu. Beraz, hau kontuan hartu beharko da proiektua garatzerako orduan.



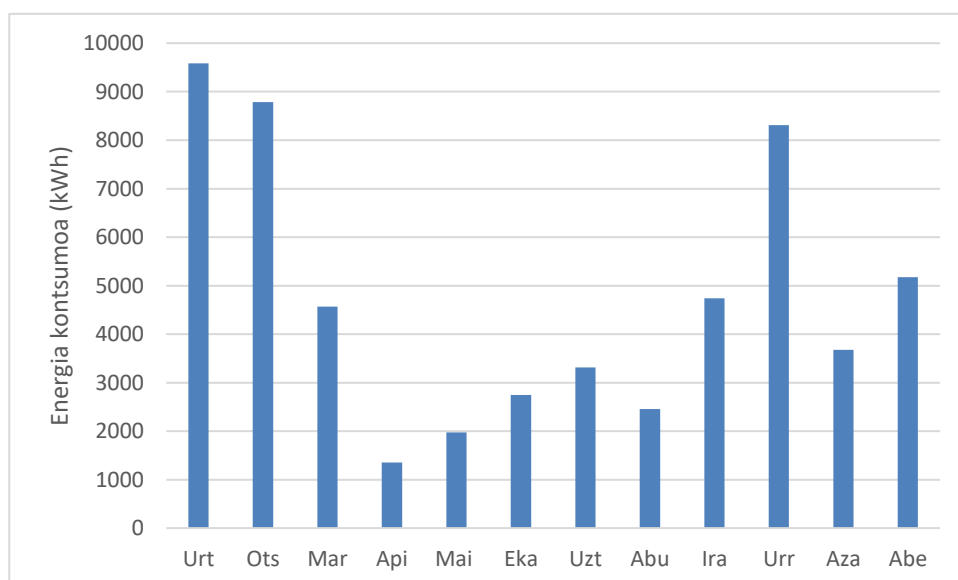
## 7. Isolatutako eguzki-instalazioaren analisisa

Proiektuaren atal honetan eguzki-sistema fotovoltaikoaren ikerketa zehatza garatuko da, hau da, sistema fotovoltaikoaren dimentsionamendua. Horretarako, muturreko kasua plazaratuko da, isolatutako eguzki-instalazio batena; prozedura horrek instalazioa epealdi osoan erabiltzea bermatuko luke.

Isolatutako sistema fotovoltaiko bat diseinatzeko eta dimentsionatzeko orduan, ordaindu beharreko kontsumo-datuak hartuko dira abiapuntutzat [53]. Horrela, sistema osatzen duen gailu bakoitzaren mota eta instalazioaren eremu geografikoaren erradiazio-datuak aukeratuta, erabakiak hartzeko beharrezkoak diren parametroak kalkulatu dira.

### 7.1. Errendimendu globala eta beharrezko energia

Abiapuntua eguneroko kontsumoa eta hilabeterik desegokieneko eguzki-erradiazioaren datuak izango dira. Beste era batean esanda, eguzki-energia intzidentetaren baliorik txikienera eta kontsumitutako energiaren baliorik handienera iristen den hilabetea. Kasu honetan, 2020. urtean Los Llanos kirolgunean kontsumoaren eboluzioa zehazten da:



**20. Irudia.** Los Llanos kirolguneako kontsumoaren eboluzioa 2020. urtean.

Kontsumorik gehien izan zuen hilabetea urtarrileko hilabetea izan zen, hala nola 9.582 kWh-ko kontsumoa izan zuen (ikus 21. irudia). Aldiz, kontsumo gutxien izan zuen

hilabetea apirilekoa izan zen, 1.350 kWh-ko kontsumoa izanik. Gainera, kontsumorik gehien izan zuen eguna 2020ko urtarrilaren 21a izan zen, 481 kWh-ko kontsumoa izanik. Kontuan izan beharra dago 2020. urteko kontsumoaren eboluzioaren grafikoa ez dela guztiz egokia. Izan ere, COVID-19 pandemia dela eta kirolguneko zerbitzuak mugatu ziren, batez ere martxotik ekainera arteko epealdian, non kirolgunea itxita zegoen.

Kalkuluekin hasteko, bateriez osatuta dagoen instalazio fotovoltaiako batean, haren errendimendu globalean galerak (R) eragiten dituzten zenbait faktore daude [54]. Horren ondorioz, baterietako borneetan sartu beharreko energia (E), instalazioan kontsumitutakoa (ET) baino handiagoa izan behar da, beraz:

$$E \geq \frac{ET}{R} \quad (3)$$

Horrela, instalazioaren autonomia-egun kopurua (N) jakinda, hau da, kargak baldintza normaletan funtzionatzen egon daitezkeen eguzki-erradiaziorik gabeko egun kopurua, instalazioaren errendimendu globala (R) honela kalkula daiteke:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \cdot \left(1 - k_a \cdot \frac{N}{p_d}\right) \quad (4)$$

Errendimendu globaleko galerak diseinu-parametro gisa har daitezkeen zenbait koefizienterekin lortzen dira, jarraian deskribatzen direnak:

- $k_b$ : baterien errendimenduaren galeren koefizientea. Bateriak eguzki-paneletatik xurgaturiko itzultzen ez duen energia-frakzioa adierazten du. Praktikan, koefiziente horrek honako balio hauek hartzen ditu:
  - 0,05: deskarga handirik sortzen ez den sistemetarako.
  - 0,1: deskarga handiak sortzen dituzten sistemetarako.

Los Llanos kirolguneko sistema fotovoltaiakoak ez dituenek deskarga handirik sortzen, 0,05eko balioa izango du koefiziente horrek.

- $k_a$ : baterien eguneroko autodeskargen galeren koefizientea. Praktikan, koefiziente horrek honako balio hauek hartzen ditu:
  - 0,02: nikel eta kadmio baterietarako.
  - 0,005: berun eta azido bateria egonkorretarako.
  - 0,0012: autodeskarga altuko baterietarako.

*Alternatiben analisis*an zehaztu den moduan, erabiliko diren bateriak egonkorrak dira. Beraz, 0,005 balio izango du koefiziente horrek.

- $k_c$ : inbertsoreen errendimenduaren galeren koefizientea. Koefiziente horrek instalazioaren errendimendu globalari eragingo dio, baldin eta kontsumo guztia korrante alternokoa bada eta inbertsorearen bidez egiten bada. Korrante zuzeneko kontsumoa badago, koefiziente hori ez da kontuan hartuko errendimendua kalkulatzeko, baina alternoko kontsumoaren kalkuluari eragingo dio. Praktikan, koefiziente horrek honako balio hauek hartzen ditu:
  - 0,05: uhin sinusoidal puruko inbertsoreak.
  - 0,1: uhin sinusoidaleko inbertsoreak.
  - 0,4: uhin karratuko inbertsoreak.

Eguzki-instalazio mota honetan, azpisistema metatzailea zehazteko, koefizientearen balioa 0,05 izango da, baterien aurretik inbertsore hibrido bat baitago. Normalean, sistema metatzailearen aurretik karga-erreguladorea egon ohi da, baina hau ez da kasua.

- $k_v$ : hainbat galeren koefizientea. Koefiziente horrek kontsumo-sare osoaren errendimendu globala, Joule efektuaren ondorioz sortzen diren galerak eta abar hartzen ditu kontuan. Praktikan, koefiziente horrek 0,05 eta 0,15 arteko balioak hartzen ditu. Kasu honetan, kasurik txarrean egonda, koefiziente horren balioa ahalik eta handiena izan beharko da, 0,15 balio izango du.

Instalazioaren errendimenduan eragina izango duen beste faktore bat honako hau izango da:

- $p_d$ : baterien deskarga-sakonera. % 50eko balio izanik bateria egonkorretan eta % 80 gainerakoetan. Lehen esan bezala, aukeratutako bateria egonkorra denez % 50eko balioa izango du deskarga-sakonera.

Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren zenbatetsitako autonomia-ordu kopurua 14 ordukoa izango da. Izan ere, kirolgunearen ordutegia astelehenetik ostiralera 8:30etik 22:30era da, hau da, 14 orduz irekita dago. Beraz, errendimendu globala honako hau izango da:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,15) \cdot \left(1 - 0,005 \cdot \frac{0,58\hat{3}}{0,5}\right) = 0,7456 \quad (5)$$

Orduan, % 74,56ko errendimendua izango du instalazioak. Lehen aipatu den moduan, 2020. urtean energia gehien kontsumitu zen hilabetea urtarrileko hilabetea izan zen. Izatez, kasurik txarreneko eguna da, energia gehien kontsumitutako eguna:

$$ET = 481 \text{ kWh} \quad (6)$$

Hortaz, baterietako borneetan sartu beharreko energia honelakoa edo handiagoa izan beharko da:

$$E \geq \frac{481 \text{ kWh}}{0,7456} = 645,1 \text{ kWh} \quad (7)$$

## 7.2. Sorkuntza azpisistema

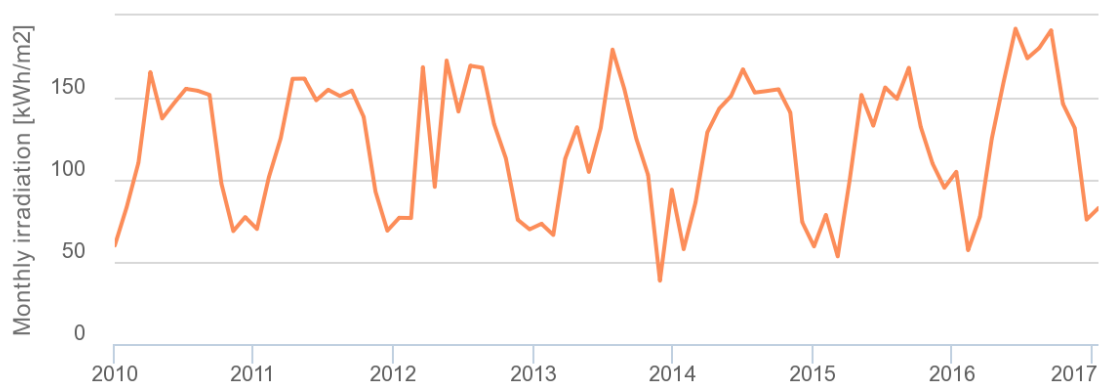
Sistema fotovoltaiako hau asetzeko beharrezko potentziari, karga-erreguladoreari lotutako galerak ( $\eta_R$ ) gehitu beharko zaizkio, % 90eko errendimendua duela suposatuz. Horregatik, instalazio fotovoltaiakoak ( $E_g$ ) sortu behar duen energia ( $E$ ) baino handiagoa izango da:

$$E_g = \frac{E}{\eta_R} \quad (8)$$

Eguzki-sistema fotovoltaikoa dimentsionatzeko behar den beste datua eguzki-piku orduak (aurrerantzean, HSP) izango da [55]. Parametro hori, instalazio-eremuarekin eta instalazio-baldintzekin hertsiki lotuta dago. Hala nola  $1.000 \text{ W/m}^2$ -ko irradianzia egon beharko zukeen ordu kopurua adierazten du. HSP lortzeko irradianzia (G) edo eguneroko irradiazio balioak erabiltzen dira instalazioaren eremu geografikoan. Irradianziaren balioak, azalera-unitate bakoitzeko potentzia intzidentea,  $\text{W/m}^2$  eta egunetan emanda daude, beraz HSPren adierazpena honako hau izango litzateke:

$$HSP = G \cdot \left( \frac{\text{m}^2}{\text{kWh}} \right) \quad (9)$$

Irradianziaren balioak taula espezifikoetatik lor daitezke, latitude bakoitzerako desberdinak direnak. Oro har, irradianziaren balioak plano horizontalerako ematen dira, baina inklinazio-angelu desberdinetarako ere aurki daitezke, adibidez Europar Komisioaren PVGIS datu-basetik. Horrela izanda, Los Llanos kirolguneko eremu geografikoaren eguzki-irradiazioaren 2010-2016 urteetako emaitzak eskura daitezke, eguzki-sistema fotovoltaikoa inklinazio-angelu optimoa duela suposatuz.



## 21. Irudia. Eremu geografikoaren eguzki-irradiazioa inklinazio-angelu optimoarekin.

Lortutako datuak esportatuko dira, horrela urte bakoitzean zehar hilabetero lortu diren emaitzen batezbestekoa egingo da (ikus 21. irudia). Eguzki-irradiazioa inklinazio-angelu optimoren batez bestekoarekin hilabete txarreneko datua aukeratuko da HSPren kalkulua egiteko.

**5. Taula.** Hilabeteko eguzki-irradiazioa inklinazio-angelu optimoarekin (kWh/m<sup>2</sup>).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Batezbestekoa
<b>Urt</b>	60,01	70,06	76,87	73,22	57,76	78,61	57,16	<b>67,67</b>
<b>Ots</b>	83,21	101,55	76,74	66,43	86,2	53,38	77,55	<b>77,87</b>
<b>Mar</b>	110,42	125,3	168,55	112,85	128,94	99,46	125,03	<b>124,36</b>
<b>Api</b>	165,53	161,48	95,72	132,02	143,34	151,65	159,79	<b>144,22</b>
<b>Mai</b>	137,36	161,62	172,6	104,82	150,96	132,97	192,0	<b>150,33</b>
<b>Eka</b>	146,64	148,42	141,57	131,53	167,24	156,21	173,98	<b>152,23</b>
<b>Uzt</b>	155,38	154,79	169,42	179,27	153,12	149,3	180,24	<b>163,07</b>
<b>Abu</b>	154,23	151,02	168,25	155,17	154,04	168,19	191,02	<b>163,13</b>
<b>Ira</b>	151,7	154,3	134,05	125,13	155,11	132,28	146,27	<b>142,69</b>
<b>Urr</b>	97,7	138,33	113,06	102,83	140,98	109,88	131,5	<b>119,18</b>
<b>Aza</b>	68,77	92,82	75,65	38,58	74,26	95,17	75,76	<b>74,43</b>
<b>Abe</b>	77,28	69,03	69,84	93,96	59,46	104,86	82,81	<b>79,61</b>

Kasurik txarrena urtarrileko hilabetean suertatuko litzateke, 67,67 kWh/m<sup>2</sup>-ko eguzki-irradiazioa inklinazio-angelu optimoarekin izanik (ikus 5. taula). Gero, eguneroko irradiazioa lortzeko lortutako emaitza egunetara pasatu behar da. Beraz, urtarrileko hilabeteak 31 egun dituen HSP zehaztu daiteke:

$$HSP = \frac{67,67}{31} \cdot \left( \frac{m^2}{kWh} \right) = 2,18 \text{ ordu} \quad (10)$$

Hortaz, kasurik txarrenean 2,18 eguzki-piku ordu izango dira.

Eguzki-panel baten potentzia-pikua ( $P_p$ ), eguzki-panelek ordubetez sortzeko gai den energia da, 1.000 W/m<sup>2</sup>-ko irradianzia konstantea duena [56]. Panelaren potentzia-pikua eguzki-instalazio fotovoltaikoa osatuko duten modulu fotovoltaikoen

fabrikatzaileak emandako datua da. Potentzia-pikua tenperatura, irradiantzia eta abarreko egoera jakin batzuetan bakarrik eman daiteke. Bestalde, batezbestekoa baino txikiagoa da (% 90 inguru) funtzionamendu-baldintza errealetan. Beraz, eguneroko energia sortzeko ( $E_p$ ) HSP eguzki-paneletan instalatutako watt-piku ( $W_p$ ) bakoitzaren biderkatzailezt hartzen bada, eguzki-piku orduen balioa 0,9 errendimendu-faktorearekin alda daiteke:

$$E_p = 0,9 \cdot HSP \quad (11)$$

Instalazio fotovoltaiakoan ( $P_p$ ) instalatu behar den potentzia-pikua, sortzen duen energiaren ( $E_g$ ) eta instalatutako watt-piku bakoitzeko sortzen den energiaren ( $E_p$ ) araberakoa izango da. Horrela:

$$P_p = \frac{E_g}{E_p} \quad (12)$$

Horrela, Los Llanos kirolguneko bateriako borneetan sartu beharreko energia 645,1 kWh direla kontuan hartuz, hau izango da sortu beharreko energia:

$$E_g = \frac{645,1}{0,9} = 716,77 \text{ kWh} \quad (13)$$

Lortutako HSP balioa erabiliz, instalatutako watt-piku bakoitzeko sortzen den energia lortu daiteke:

$$E_p = 0,9 \cdot 2,18 = 1,962 \frac{Wh}{W_p} \quad (14)$$

Azkenik, eguzki-sistema fotovoltaiakoak sortu beharreko potentzia-pikua kalkulatzen da:

$$P_p = \frac{716,77 \text{ kWh}}{1,962} = 365,32 \text{ kW}_p \quad (15)$$

Jarraian, behar diren panelen kopurua eta horien konexioaren diseinua kalkulatu da. Instalatu beharreko eguzki-panelen kopurua sistemaren tentsio izendatua lortzeko seriean konektatu behar diren panel kopuruaren araberakoa izango da [57]. Baita

eskatzen den potentzia-piku berdina edo handiagoa lortzeko, instalatu beharreko panel kopurua paraleloan konektatuta dauden eguzki-panel kopuruaren arabera izango da. Seriean konektatu behar diren modulu fotovoltaikoen kopurua ( $NP_s$ ) sistemaren tentsio izendatuaren ( $V_{ns}$ ) eta aukeratutako moduluaren ( $V_{np}$ ) arabera zehazten da:

$$NP_s = \frac{V_{ns}}{V_{np}} \quad (16)$$

Paraleloan konektatu behar diren modulu fotovoltaikoen errenkada kopurua ( $NP_p$ ) instalazio fotovoltaikoan beharrezkoa den potentzia-pikua ( $P_p$ ), serieko moduluen kopurua ( $NP_s$ ) eta aukeratutako moduluaren potentzia-pikua ( $P_m$ ) kontuan hartuta kalkulatzen da:

$$NP_p = \frac{P_p}{NP_s \cdot P_m} \quad (17)$$

Aurreko formularen bidez, paraleloan dauden panel errenkaden kopurua zenbaki osoa ez denean, gorantz biribiltzea gomendatzen da. Edonola ere, soluziorik eraginkorrena potentzia-pikua duen modulu fotovoltaiko bat aukeratzean datza. Serie-paralelo konexioak eginez eguzki-sistema fotovoltaikoan instalatutako potentzia-pikutik ahalik eta baliorik hurbilena lortzeko.

Aurreko guztia jakinda, modulu guztien kopurua ( $NP_T$ ) honako hau izango da:

$$NP_T = NP_s \cdot NP_p \quad (18)$$

Los Llanos kirolguneko eguzki-sistema fotovoltaikoa osatzen duten panelen kopurua eta horien konexioaren diseinua zehazteko, *Alternatiben analisisian* hautatutako eguzki-panelaren ezaugarrien arabera, seriean konektatu behar diren panelak zehazten dira [58]. Ondoren, paraleloan konektatu behar diren eguzki-panelak definitzen dira. Kasu honetan, sistemaren tentsio izendatua 48 V izatea nahi denez eta eguzki-panelaren lan-tentsioa 24 V denez, seriean bi panel konektatu beharko dira:

$$NP_s = \frac{48}{24} = 2 \text{ panel seriean} \quad (19)$$



Nahiz eta emaitza hau zuzena badirudi, eguzki-panelak inbertsorearekin konektatzen direnean, sarrerako tentsioak, inbertsorearen tentsio maximoa ez duela gaitutuko edo ez dela inbertsorearen tentsio minimoaren azpitik egongo bermatu behar da [59]. Kontuan izan, inbertsorearen sarrerako tentsio maximoa ( $V_{max}$ ) 1100 V dela eta hasierako tentsioa ( $V_{start}$ ) 250 V. Gainera, 450 W<sub>p</sub> duten panelak erabiltzen dira, lantentsioa 24 V izanik. Bestalde, MPPT inbertsoreak erabiltzen direnean potentzia maximizatzen da, hau da, potentzia maximoko puntuko tentsio eta korrantearekin lan egiten da. Horrela izanda, eguzki-panelen tentsioa ez da 24 V izango, baizik eta 41,52 V. Hortaz, seriean konektatu daitezkeen eguzki-panel kopuru maximoa ( $NP_{s\_max}$ ), inbertsorearen tentsio maximoaren eta eguzki-panelen potentzia maximoko puntuko tentsioaren arteko zatiketarekin lortu daiteke:

$$NP_{s\_max} = \frac{V_{max}}{V_{p\_max}} = \frac{1100}{41,52} = 26,49 \approx 26 \text{ panel seriean} \quad (20)$$

Prozesu berdina jarraituz, seriean konektatu daitezkeen eguzki-panel kopuru minimoa, inbertsorearen hasierako tentsioaren eta eguzki-panelen potentzia maximoko puntuko tentsioaren arteko zatiketarekin lortu daiteke:

$$NP_{s\_min} = \frac{V_{start}}{V_{p\_max}} = \frac{250}{41,52} = 6,02 \approx 7 \text{ panel seriean} \quad (21)$$

Beraz, seriean konektatu beharko diren eguzki-panel kopurua ez da bi izango, baizik eta zazpi. Izan ere, bi eguzki-panel seriean konektatzerakoan inbertsorea ez litzateke piztuko, ez baita 250 V hasierako tentsiora heltzen.

Orain, paraleloan dauden eguzki-panelak zehazteko, aukeratutako moduluaren potentzia-pikua 450 W<sub>p</sub> dira, paraleloan dauden panel kopurua honako hau izango delarik:

$$NP_p = \frac{365,32 \text{ kW}_p}{7 \cdot 450} = 115,97 \approx 116 \text{ panel paraleloan} \quad (22)$$

Azkenik, eguzki-panelen guztizko kopurua honako hau izango da:

$$NP_T = 7 \cdot 116 = 812 \text{ panel} \quad (23)$$

Hortaz, sistemaren potentzia-piku estimatua 365,4 kW<sub>p</sub> izango dela aurreikusi daiteke.

Kontsumorik gehien duen hilabeteko energia ekoizteko 812 eguzki-panel behar dira, non Los Llanos kirolgunean hainbeste panel instalatzeko leku nahikorik ez dagoen. Hala ere, isolatutako eguzki-instalazio batek behar dituen kalkulu guztiak zehaztuko dira, kasu hipotetiko batean erabiliko litzatekeen ekipamenduaren erreferentzia bat egoteko.

### 7.3. Metaketa azpisistema

Metaketa azpisistemaren dimentsionamendua bateriak jaso behar duen energiaren eta eguzki-erradiaziorik gabeko autonomia egun kopuruaren (N) arabera izango da [60]. Horrela, egunean kontsumitutako energia (E) kalkulatu eta autonomia egunen kopurua finkatu ondoren, metaketa azpisistemaren (C<sub>u</sub>) karga-erabilgarria zehaztu daiteke:

$$C_u = E \cdot N \quad (24)$$

Bateriaren karga-izendatua (C<sub>N</sub>) karga-erabilgarria baino handiagoa izan beharko da. Izan ere, kontuan hartu beharra dago bateria ezarritako deskarga-sakoneraino (P<sub>d</sub>) soilik deskargatzen dela, beraz:

$$C_N = \frac{C_u}{P_d} \quad (25)$$

Karga horrek 20 °C tenperaturari egiten dio erreferentzia. Neguan batez besteko funtzionamendu-tenperatura 20 °C baino baxuagoa bada, gomendatzen da aurretik kalkulaturako karga-izendatua k<sub>T</sub> faktorearekin zuzentzea:

$$k_T = 1 - \frac{\Delta t}{160} \quad (26)$$

Δt 20 °C-etik beherako gradu kopurua bada, karga-izendatu berriak (C<sub>NT</sub>) honela adierazi daiteke:

$$C_{NT} = \frac{C_N}{k_T} \quad (27)$$

Komertzialki bateria baten karga-balioak Ah-tan ( $C_{NT\_Ah}$ ) adierazten direnez, aurreko ekuazioa eguzki-sistema fotovoltaikoaren tentsio izendatuarekin zatitu beharko da watt orduetara bihurtzeko:

$$C_{NT\_Ah} = \frac{C_{NT}}{V_{ns}} \quad (28)$$

Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaikoaren zenbatetsitako autonomia-ordu kopurua 14 ordukoa izango dela jakinda eta baterien borneetako energia 645,1 kWh denez, metaketa azpisistemaren karga-erabilgarria honako hau izango da:

$$C_u = 645,1 \text{ kWh} \cdot 0,58\hat{3} = 376,31 \text{ kWh} \quad (29)$$

Bateria egonkorak erabiliko zirela zehaztu zenez, % 50eko deskarga-sakonerarekin, karga-izendatua honako hau izango da:

$$C_N = \frac{376,31 \text{ kWh}}{0,5} = 752,62 \text{ kWh} \quad (30)$$

Bateriak instalatzeko gunean neguan batez besteko tenperatura 8,2 °C denez, bateriaren karga-izendatuari honako faktore hau aplikatu beharko zaio [61]:

$$k_T = 1 - \frac{20 - 8,2}{160} = 0,92625 \quad (31)$$

Orduan, bateriaren karga-izendatu berria:

$$C_{NT} = \frac{752,62 \text{ kWh}}{0,92625} = 812,54 \text{ kWh} \quad (32)$$

Azkenik, lortutako karga sistemaren tentsio izendatuarekin adierazten da:

$$C_{NT\_Ah} = \frac{812,54 \text{ kWh}}{48} = 16,93 \text{ kWh} \quad (33)$$

Orain, zenbat bateria behar diren eta horien konexioen diseinuaren kalkulua jorratuko da. Instalatu beharreko bateria kopurua eguzki-sistema fotovoltaiakoaren tentsio izendatua baterien borneetan lortzeko, seriean konektatu behar diren bateria kopuruaren arabera izango da. Baita paraleloan konektatu behar diren bateria kopuruaren arabera izango da [62] ere. Seriean konektatu behar den bateria kopurua ( $NB_s$ ), sistemaren tentsio izendatuaren ( $V_{ns}$ ) eta aukeratutako bateriaren tentsio izendatuaren ( $V_{nb}$ ) arabera zehazten da:

$$NB_s = \frac{V_{ns}}{V_{nb}} \quad (34)$$

Paraleloan konektatu behar den bateria kopurua ( $NB_p$ ), karga-izendatuaren ( $C_N$ ) eta aukeratutako bateriaren karga-izendatuaren ( $C_b$ ) arabera zehazten da:

$$NB_p = \frac{C_N}{C_b} \quad (35)$$

Aukeratutako baterien guztizko kopuruan ( $NB_T$ ) izango da:

$$NB_T = NB_s \cdot NB_p \quad (36)$$

Los Llanos kirolguneko eguzki-sistema fotovoltaiakoa osatzen duten bateria kopurua eta horien konexioaren diseinua zehazteko, *Alternatiben analisisian* hautatutako bateriaren ezaugarrien arabera, seriean konektatu behar diren bateriak zehazten dira. Ondoren, paraleloan konektatu behar diren bateriak definitzen dira. Kasu honetan, sistemaren tentsio izendatua 48 V izatea nahi denez eta baterien tentsio izendatua 6 V denez, seriean konektatu beharko diren bateria kopurua:

$$NB_s = \frac{48}{6} = 8 \text{ bateria seriean} \quad (37)$$

Orain, paraleloan dauden bateriak zehazteko, aukeratutako bateriaren karga-izendatua 600 Ah dira, paraleloan dauden panel kopurua honako hau izango delarik:

$$NB_p = \frac{16,93 \text{ kAh}}{600} = 28,22 \approx 23 \text{ bateria paraleloan} \quad (38)$$

Azkenik, baterien guztizko kopurua honako hau izango da:

$$NB_T = 8 \cdot 23 = 184 \text{ bateria} \quad (39)$$

#### 7.4. Erregulazio azpisistema

Azpisistema erregulatzaileraren ezaugarri elektrikoak zehazteko, beharrezkoa da sistema fotovoltaikoak sortutako korrante-pikua ( $I_g$ ) eta kontsumoaren guztizko intentsitatea ( $I_c$ ) ezagutzea [63]. Baita korrante zuzenean behar den potentzia ( $P_{sc}$ ) eta korrante alternoan behar den potentzia ( $P_{ca}$ ). Hasteko,  $I_g$  kalkulatu da, aukeratutako modulu fotovoltaikoaren korrante-pikutik abiatuta. Balio hori eguzki-panelaren zirkuitu-laburreko intentsitatea ( $I_{sc}$ ) izango da, hori baita eman dezakeen intentsitate maximoa. Gainera, zirkuitu-laburreko korrantea % 25 handituko da, baldintza estandarretan baino tenperatura eta irradiantzia handiagoak kontuan hartzeko (25 °C eta 1000 W/m<sup>2</sup>). Horrela:

$$I_g = 1,25 \cdot NP_p \cdot I_p \quad (40)$$

Kontsumoaren intentsitatea kalkulatzeko ( $I_c$ ), inbertsorea erreguladorera konektatzen den edo zuzenean bateriara konektatzen den bereizi behar da. Izan ere, aukeratutako inbertsore hibridoak bere funtzioen artean bateriaren gehiegizko deskargen aurkako babesa ematen du. Gainera, bateriara zuzenean konektatzerakoan, erreguladoreak eman behar duen korrantea murrizten da. Halaber, inbertsore hibridoak bi MPPT erreguladore inplementatuta dauzkala jakinda eta karga bakarra bateria multzoa izanik, kontsumoaren intentsitatea honako hau izango litzateke:

$$I_c = \frac{P_{sc}}{V_{ns}} \quad (41)$$

Azpisistema erreguladorearen korrante-pikua eguzki-sistema fotovoltaikoak sor dezakeen korrante maximoaren arabera izango da, hau da, panel bakoitzaren

zirkuitu-laburreko korrontearen arabera [64]. Aukeratutako eguzki-panelaren zirkuitu-laburreko korrontea 11,36 A denez eta 406 panel paraleloan jarri daitezkeela jakinda, sortutako korronte-pikua:

$$I_g = 1,25 \cdot 406 \cdot 11,36 = 5,72 \text{ kA} \quad (42)$$

Kontsumoaren korrontea lortzeko, inbertsorea bateriarekin zuzenean konektatuta dagoenez, korronte zuzenean behar den potentzia bateria multzoaren karga-izango da. Gogoratu galera-koefiziente bat zehaztu dela inbertsorearentzat,  $k_c = 0,05$  uhin sinusoidal puruko inbertsorea delako. Orduan, bateria multzoaren karga-izendatua 812,54 kWh dela jakinda, kontsumo intentsitatea honako hau izango da:

$$I_c = \frac{812,54 \text{ kWh}}{48 \cdot 14} = 1,21 \text{ kA} \quad (43)$$

Beraz, erreguladorearen sarrera eta irteerako korronte maximoak 5,72 kA eta 1,21 kA direla jakinda, potentzia egokitzeko azpisistema dimentsionatuko da. Potentzia egokitzeko azpisistemaren dimentsionamendua irteeran eman behar den potentziaren arabera izango da [65]. Inbertsorearen sarrera-potentzia zehazteko ( $P_i$ ) nahikoa da korronte alternoan eskatutako gehieneko potentzia ( $P_{ca}$ ) eta inbertsorearen eraginkortasuna ( $\mu_i$ ) ezagutzea. Inbertsoreak errendimendu galera batzuk dituela gogoratuz ( $k_c$ ), bere potentzia adierazpen hauen arabera kalkulatu da:

$$\mu_i = 1 - k_c \quad (44)$$

$$P_i \geq \frac{P_{ca}}{\mu_i} \quad (45)$$

Orduan, inbertsoreak 48 V<sub>dc</sub> sarrera-tentsioarekin lan egiteko aukera du. Horrela, inbertsorearen lan-potentzia honelakoa edo handiagoa izango da:

$$\mu_i = 1 - 0,05 = 0,95 \quad (46)$$

$$P_i \geq \frac{481 \text{ kWh}}{0,95 \cdot 14} = 9,05 \text{ kW} \quad (47)$$

## 8. Sarera konektatutako eguzki-instalazioen diseinua eta dimentsionamendua

---

Aurreko puntuan, Los Llanos kirolgunean isolatutako sistema bat garatzea bideragarria ez dela aztertu izan da. Gaur egun, kirolguneak eskaintzen duen espazioan 812 eguzki-panel kokatzea ez da posible. Horregatik, atal honetan sarera konektatutako eguzki-instalazio baten diseinua eta dimentsionamendua landuko da.

Sarera konektatutako sistema fotovoltaiako baten diseinua eta dimentsionamendua honako faktore hauen arabera izango dira: eskuragarri dagoen espazioaren ezaugarriak, eguzki-sistema fotovoltaiakoak instalatu beharreko potentzia-pikua, sarera konektatutako inbertsoreen potentzia eta urtean zehar sortutako energia [66].

Sarera konektatutako instalazio fotovoltaiako bat diseinatu eta dimentsionatu behar denean, analisi sekuentzial batzuk egin beharko dira, horietako bakoitzaren emaitzek hurrengo eragiketetan eragina baitute. Hona hemen egin beharreko analisiak:

- Instalazio fotovoltaiakoaren kokapen fisikoaren azterketa: eguzki-panelak instalatzeko eta orientatzeko sistema, itzalak eta eguzki-panel kopurua.
- Eguzki-panelen portaeraren azterketa: baldintza estandarretan (STC), aurreikusitako tenperatura maximoko baldintzetan eta aurreikusitako tenperatura minimoko baldintzetan kurba eta forma-faktorea.
- Inbertsoreen integrazioa eguzki-sistema fotovoltaiakoan: inbertsorearen ezaugarriak, eguzki-sistema fotovoltaiakoaren serie-paralelo konexioa diseinatzea eta potentzia-piku estimatua.
- Eguzki-sistema fotovoltaiakoaren kableatua: korrante zuzeneko kableatuaren kalkulua eta korrante alternoko kableatuaren kalkulua.

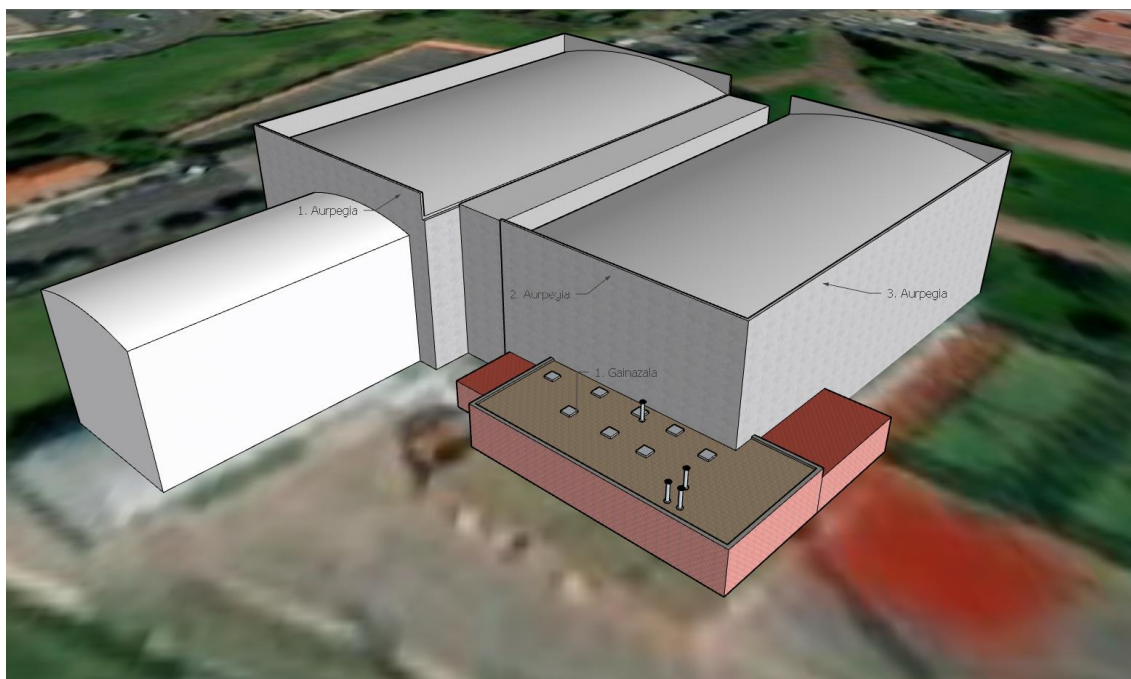
Hurrengo azpiataletan, Portugaleteko Los Llanos kirolgunean, sarera konektatutako instalazio fotovoltaiako bat diseinatu eta dimentsionatuko da azaldutako puntu bakoitza garatuz.

## 8.1. Instalazio fotovoltaikoaren kokapen fisikoaren azterketa

Proiektu honen dimentsionamenduaren hasierako pausua Los Llanos kirolguneko frontoiaren eta futbol-zelaiko aldagelen 3D eredua eratzea da. Horretarako, SketchUp softwarea erabiliko da, diseinuko kalitate handiko software honek 3D ereduak eratzea ahalbidetzen baitu [67].

Hortaz, eskuragarri dagoen azaleraren azterketa fisikoak, hasierako datu gisa instalazio-puntuaren koordinatu geografikoak hartuta, instalazio fotovoltaikorako azalera erabilgarria zehaztu behar da, egon daitezkeen itzalak saihesteko [68].

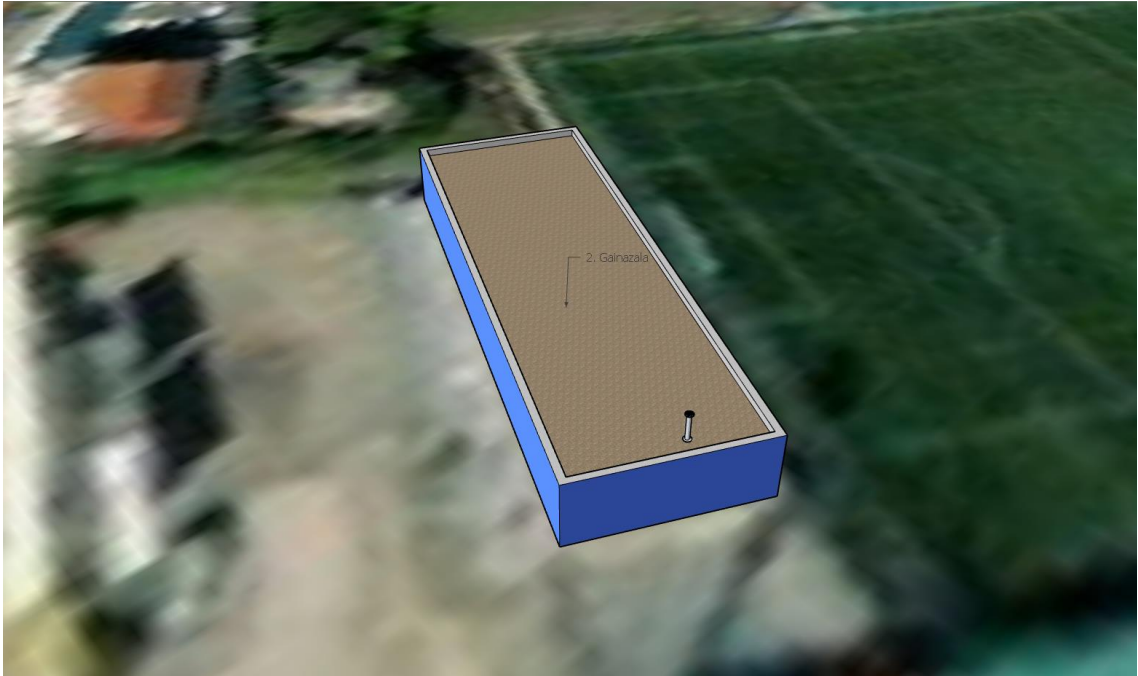
Alde batetik, frontoiaren 3D eredua egiten da, *Eremu geografikoaren azterlanak* azpiatalean aipaturiko azalera erabilgarriak zehaztuz (ikus 22. irudia). Ikusten den moduan, eguzki-panelak kanpoaldeko hormetan euskarri egitura baten bidez jarriko litezke 1. aurpegian, 2. aurpegian eta 3. aurpegian. Izan ere, 1. aurpegiak eta 2. aurpegiak hego-mendebaldeko orientazioa daukate. Aldiz, 3. aurpegiak hego-ekialdeko orientazioa dauka. Gogoratzeko, eguzki-panelen orientazio optimoa ipar hemisferioan hegoaldekoa da, horregatik iparralderantz orientatuta dauden frontoiaren beste aurpegietan ez da gomendatzen eguzki-panelak jartzea. Gainera, padel zelaiko aldagelen gainean, 1. gainazala deitzen zaiona, eguzki-panelak kokatuko dira.



22. Irudia. Portugaleteko Los Llanos kirolguneko frontoiaren 3D eredua.



Bestalidetik, futbol-zelaiko aldagelen 3D eredia egitean (ikus 23. irudia), frontoiaren ereduaren prozedimendu berdina egiten da eta 2. gainazala deitzen zaion azalera erabilgarria erabiliko da instalazio fotovoltaikoa garatzeko.



23. Irudia. Los Llanos futbol-zelaiko aldagelen 3D eredia.

Behin azalera zehaztuta, itzalen kalkulurako gomendio praktiko gisa, neguko solstizioan panel fotovoltaikoetan itzal partzialik ez dagoela bermatu behar da, lau orduko denbora-tartean. Arau horren bidez, hegoaldera orientatuta dauden panelen kasuan, 10:00etatik 14:00etara energiaren aprobetxamendu maximoa ahalbidetzen du. Beraz, panel errenkaden tarteak kalkulatu daitezkeen itzalak ekiditeko.

Panel errenkaden tarteak, 2020ko abenduaren 21ean 10:00etatik 12:00etara itzalik ez egotea bermatu behar da [69]. Egun zehatz hau aukeratu izan da neguko solstizioa delako, urteko egunik motzena hala nola [70]. Horretarako, instalatu beharreko panelen orientazioa eta dimentsioak ezagutu behar dira. Eguzki-panel fotovoltaikoen inklinazio optimoa kalkulatzeko denbora-tartearen eta erabileraren araberrako metodoa garatuko da [71]. Energia berriztagarri hau urte osoan zehar erabiliko denez eta sarera konektatuta egongo denez, inklinazio optimoaren formula honako hau izango da:

$$\beta_{opt} = \phi - 10^{\circ} \quad (48)$$

Non:

- $\beta_{opt}$ : inklinazio-angelu optimoa (gradutan).
- $\Phi$ : eremuaren latitudea (gradutan).

Orduan, frontoia  $43^{\circ}31'99,79''N$  latitudean eta futbol-zelaiko aldagelak  $43^{\circ}31'8,78''N$  latitudean daudela jakinda,  $\Phi = 43^{\circ}$  gutxi gorabehera izango da. Inklinazio-angelu optimoa:

$$\beta_{opt} = 43^{\circ} - 10^{\circ} = 33^{\circ} \quad (49)$$

Horrela izanda, Los Llanos kirolguneko eguzki-panel fotovoltaikoek  $33^{\circ}$ -ko inklinazioa izango dute kokatuko diren gainazalekiko. Datu horrekin, *Oinarri teorikoak* atalean zehaztutako eguzki-panel errenkaden arteko distantzia kalkulatu daiteke. Hortaz, inklinazio-angelua jakinda eta *Alternatiben analisisian* aukeratutako eguzki-panelaren luzera jakinda, eguzki-panelaren goiko ertzetik kokapen gainazalera dagoen distantzia (h) kalkulatu daiteke:

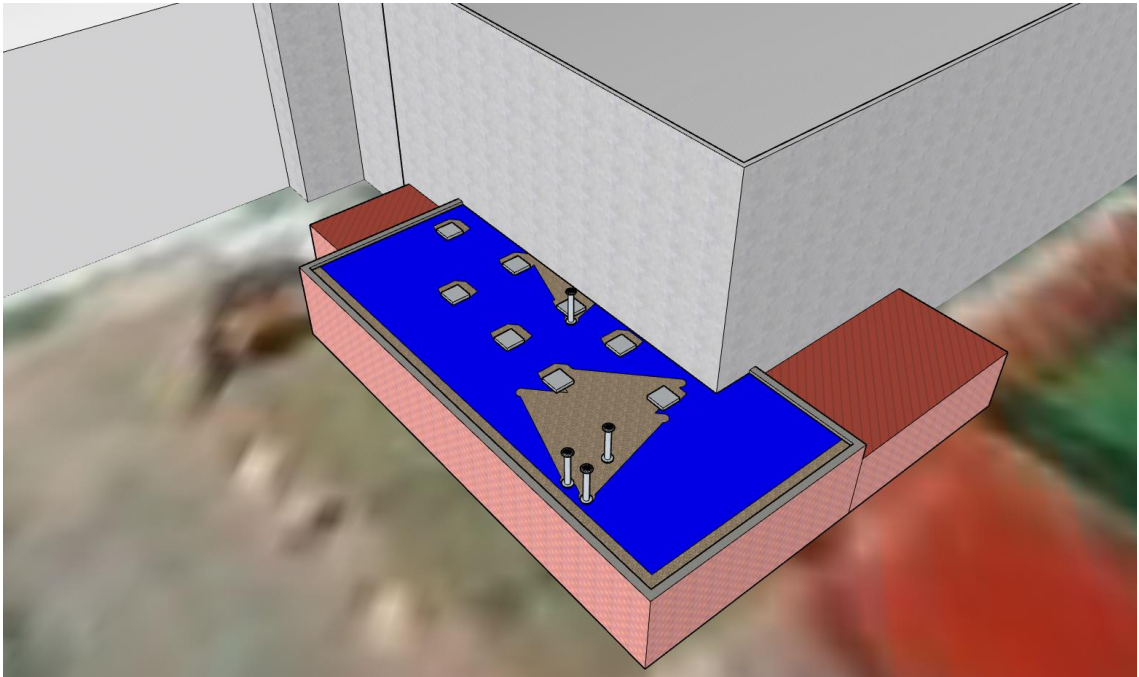
$$h = l \cdot \sin \phi = 2,12 \cdot \sin 33^{\circ} = 1,15 \text{ m} \quad (50)$$

Eguzki-panel errenkaden arteko distantzia minimoa kalkulatzeko, 17. orrialdeko (1) aplikatzea soilik geratuko litzateke. Eguzki-panelaren goiko ertzetik kokapen gainazalera dagoen distantzia eta latitudea ordezkatzuz:

$$d = \frac{1,15}{\text{tg}(61^{\circ} - 43^{\circ})} = 3,55 \text{ m} \quad (51)$$

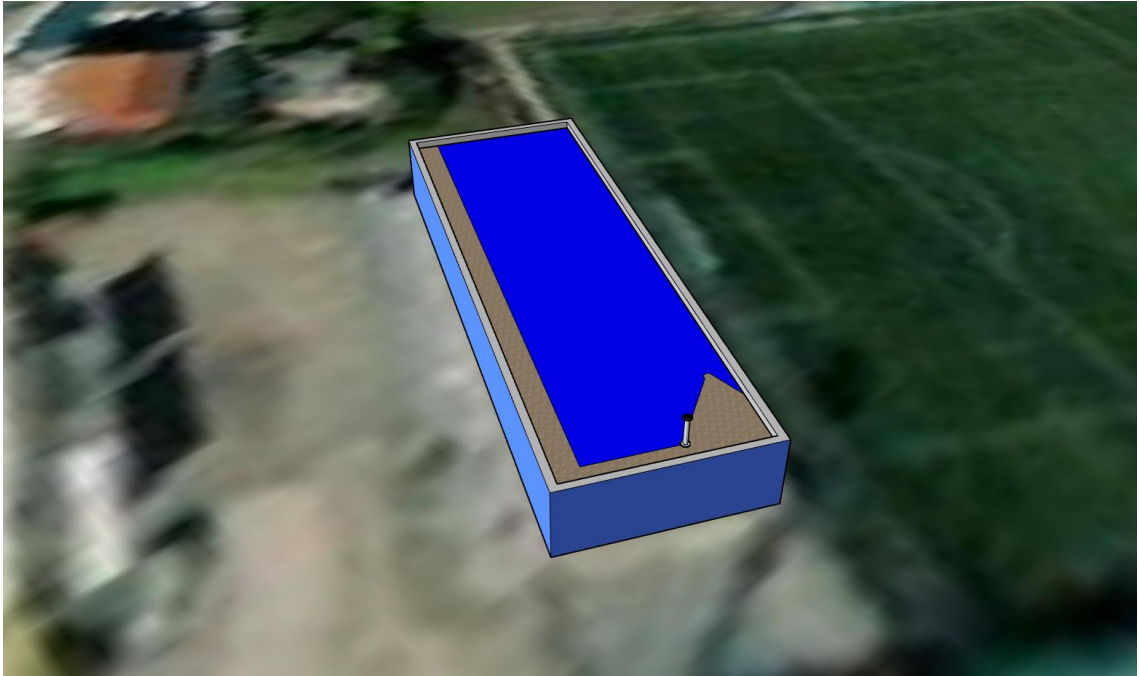
Panel-errenkaden distantzia minimoa jakinda, itzalen analisirako SketchUp softwarearen Skelion plugina erabiliko da. Skelion bidez eguzki-instalazio fotovoltaiakoak diseinatu daitezke PVGIS, PVWatts, SAM eta Google Maps-ekin lotura izateko [72]. Horri esker, 2020ko abenduaren 21an 10:00etatik 12:00etara itzaletatik libre dauden eremuak zehaztuko dira.

Los Llanos kirolguneko padel pistako aldagelen teilatuko 1. gainazalean sortutako itzalak kalkulatzeko, azalera erabilgarria, urdinez markatuta dagoena, nahiko murrizten dela ikus daiteke (ikus 24. irudia). Gainera, panelen arteko 3,55 m-ko distantzia minimoa errespetatu behar da. Bestalde, 1. aurpegian, 2. aurpegian eta 3. aurpegian ez da itzalik sortuko pareta bertikaleko goiko ertzean kokatuko direlako eguzki-panelak. Izan ere, pareta bertikaletan eguzki-panel errenkada bakar bat jarriko da, eguzki-panel errenkaden arteko itzalek eragindako galerak handiegiak direlako.



**24. Irudia.** Padel pistako aldagelen teilatuko itzalak.

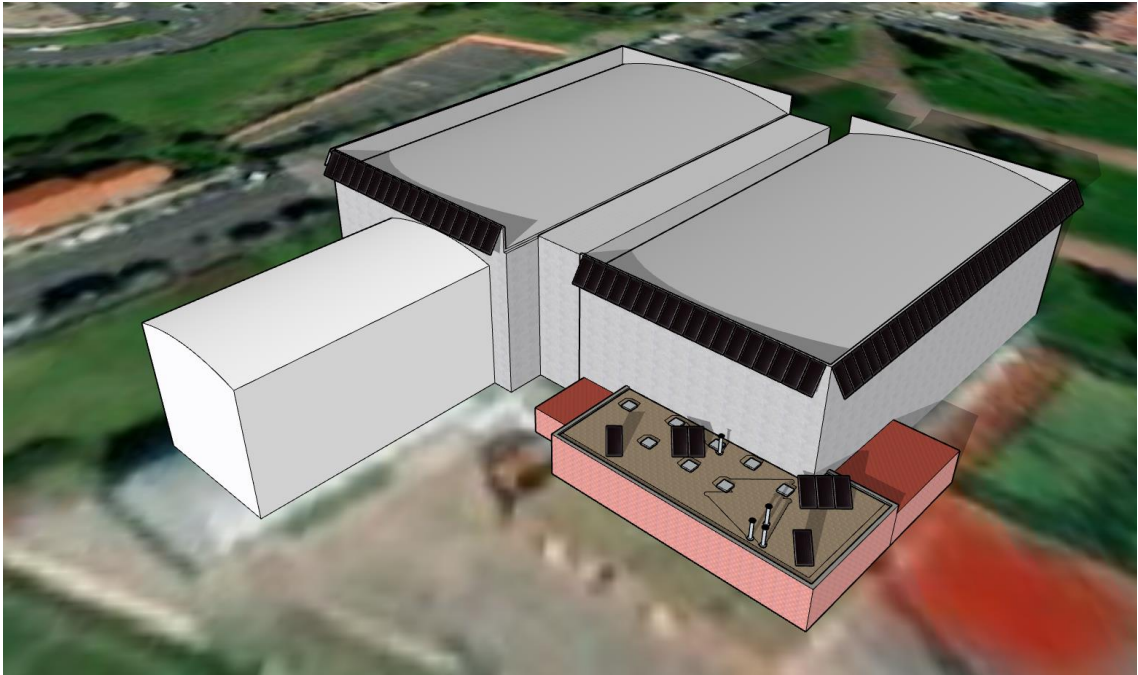
Futbol-zelaiko aldagelei dagokienez, 2. gainazalean urdinez markatuta dagoen azaleran eguzki-panelak kokatu daitezke (ikus 25. irudia). Hortaz, itzalek sortutako galera baxuak izango dira.



**25. Irudia.** Futbol-zelaiko aldagelen teilatuko itzalak.

Behin itzalik gabeko eremuak definitu ondoren, itzalik gabeko eremuan sar daitezkeen panelak zehaztuko dira. Bestalde, teilatuetako eremu erabilgarri guztia aprobetxatzeko eta instalatu daitekeen potentzia maximizatzeko hainbat aukera proposatuko dira, bata eguzki-panelak bertikalki jarritz eta bestea horizontalki. Kontuan izan 1. aurpegiko, 2. aurpegiko eta 3. aurpegiko eguzki panelak bertikalki kokatuko direla, espazioa ahalik eta gehien aprobetxatzeko.

Portugaleteko Los Llanos kirolguneko frontoiaren eguzki-instalazioaren lehenengo proposamenean eguzki-panelak bertikalki jarriko dira (ikus 26. irudia).



26. Irudia. Frontoiko eta panel pistako aldageletako lehen proposamena.

Horrela izanda, 76 eguzki-panel kokatuko litezke, 34,20 kW<sub>p</sub> potentzia sortuz eta itzalek sortutako galerak % 0,28 izanik.

6. Taula. Frontoiko eta panel pistako aldageletako lehen emaitzak.

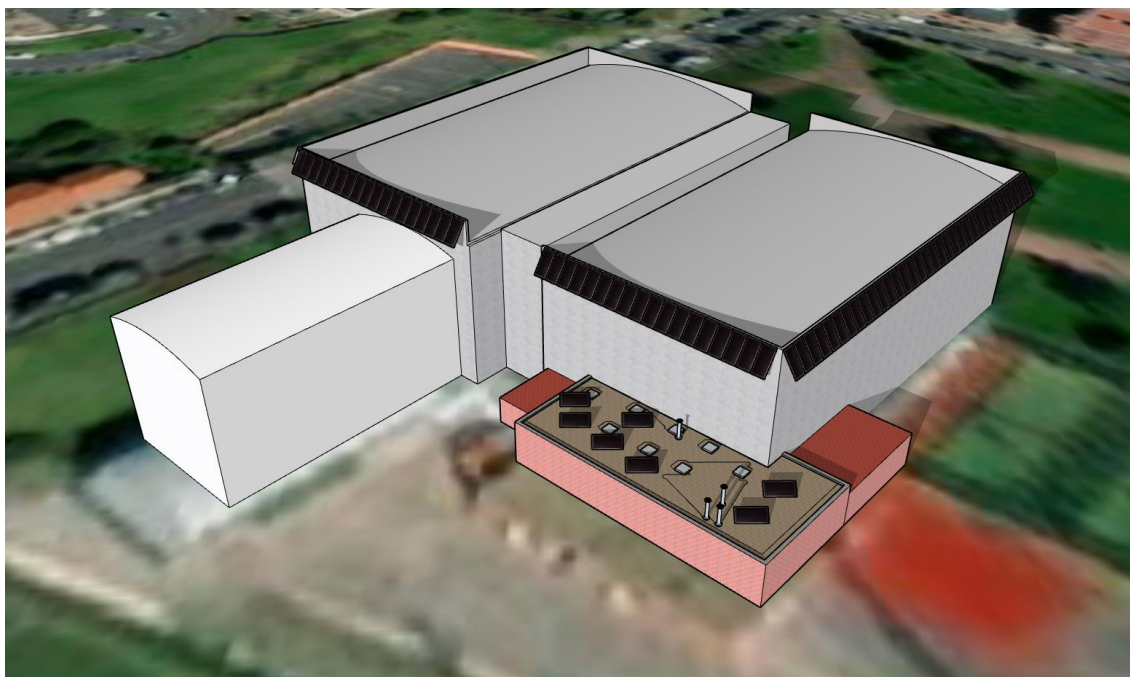
Groups global results				
Solar panels	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Shading L. (%)
Ja Solar:Monocristalino PERC	76	450,00	34,20	0,28

Results for solar modules in each group (grouped by same tilt, azimuth and panel model)							
Group	Model	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Azimuth	Tilt	Shading L. (%)
1	Ja Solar:Monocristalino PERC	36	450,00	16,20	222,69	57,03	0,03
2	Ja Solar:Monocristalino PERC	33	450,00	14,85	132,69	57,03	0,00
3	Ja Solar:Monocristalino PERC	7	450,00	3,15	180,15	33,00	2,57

Monthly Shading Losses (%)												
Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,03	0,26	1,32	2,12	4,00	5,11	4,41	4,05	2,07	0,49	0,37	0,43
Mean	0,01	0,09	0,44	0,71	1,36	1,74	1,49	1,36	0,69	0,16	0,12	0,14



Aldiz, bigarren proposamenean eguzki-panelak horizontalki jartzen dira (ikus 27. irudia).



27. Irudia. Frontoiko eta padel pistako aldageletako bigarren proposamena.

Kasu honetan, eguzki-panel kopuru berdina kokatuko litzateke, 34,20 kW<sub>p</sub> potentzia sortuz eta itzalek sortutako galerak % 0,38 izanik.

7. Taula. Frontoiko eta padel pistako aldageletako bigarren emaitzak.

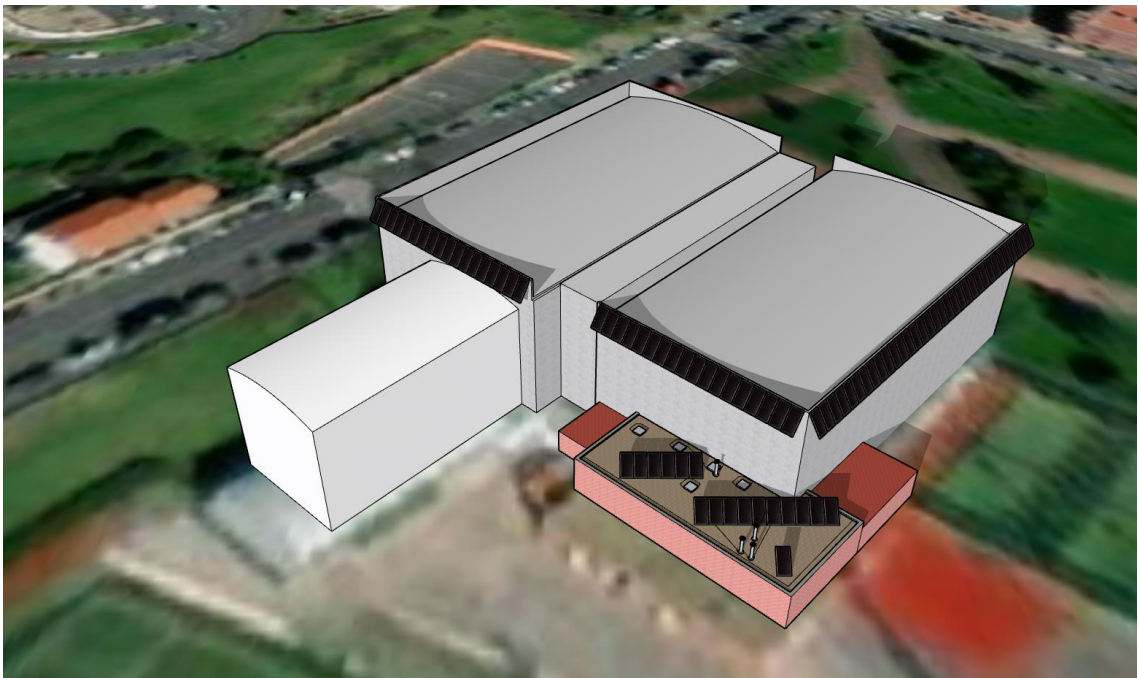
Groups global results				
Solar panels	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Shading L. (%)
Ja Solar:Monocristalino PERC	76	450,00	34,20	0,38

Results for solar modules in each group (grouped by same tilt, azimuth and panel model)							
Group	Model	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Azimuth	Tilt	Shading L. (%)
1	Ja Solar:Monocristalino PERC	36	450,00	16,20	222,69	57,03	0,03
2	Ja Solar:Monocristalino PERC	33	450,00	14,85	132,69	57,03	0,00
3	Ja Solar:Monocristalino PERC	7	450,00	3,15	180,15	33,00	3,48

Monthly Shading Losses (%)												
Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,10	0,53	1,85	3,12	5,45	7,06	5,97	5,16	2,95	0,77	0,06	0,00
Mean	0,03	0,18	0,62	1,04	1,84	2,39	2,01	1,73	0,98	0,26	0,02	0,00

Beraz, bi proposamenek panel kopuru berdina erabiliko lituzkete potentzia berdina sortuz. Desberdintasun bakarra itzalek sortutako galerak izango litezke, non lehenengo proposamenean baxuagoak diren. Horrenbestez, 1. gainazaleko eguzki-panelak bertikalki jarriko dira.

Eguzki-panelak bertikalki kokatuko direla jakinda, tximiniek sortzen dituzten itzalen ondorioz ikusi da espazio asko ez dela aprobetxatzen. Izatez, tximiniek sortzen dituzten itzalak nahiko meheak dira eta ez lukete galera askorik suposatuko. Beraz, azken proposamen honetan, eguzki-panelak tximiniek sortzen dituzten itzalen eremuan kokatuko dira (ikus 28. irudia).



**28. Irudia.** Frontoiko eta padel pistako aldageletako azken proposamena.

Azken proposamen honetan 86 eguzki-panel kokatuko litezke, 38,70 kW<sub>p</sub> potentzia sortuz eta itzalek sortutako galerak % 0,41 izanik.

8. Taula. Frontoiko eta padel pistako aldageletako azken emaitzak.

Groups global results				
Solar panels	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Shading L. (%)
Ja Solar:Monocristalino PERC	86	450,00	38,70	0,41

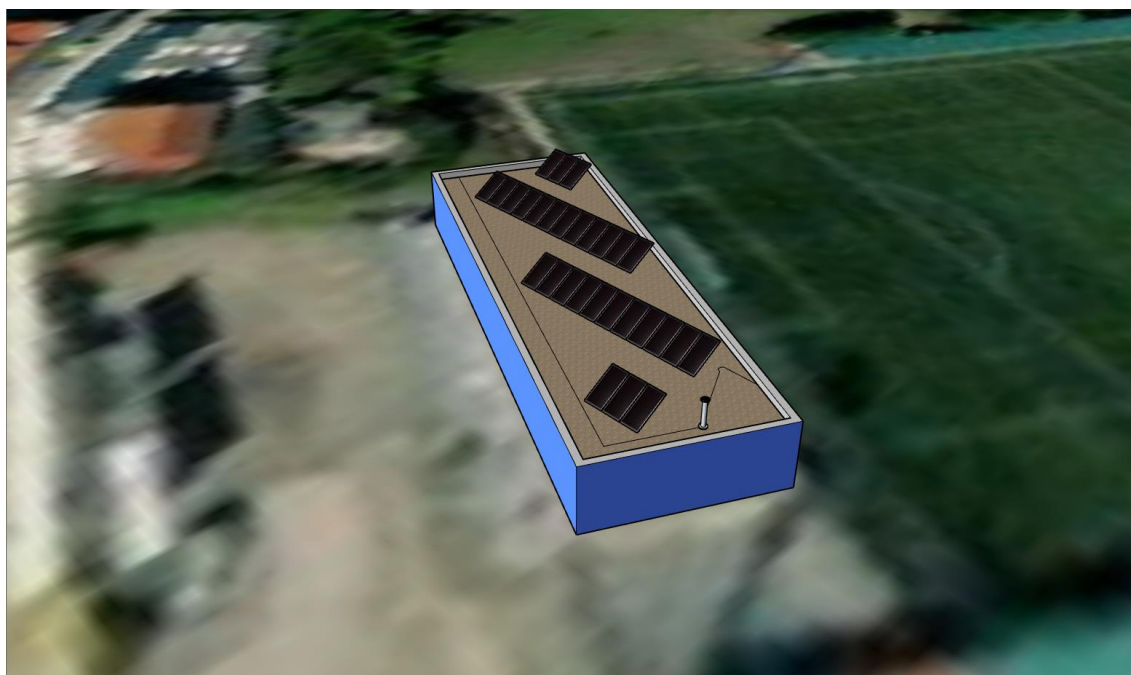
Results for solar modules in each group (grouped by same tilt, azimuth and panel model)							
Group	Model	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Azimuth	Tilt	Shading L. (%)
1	Ja Solar:Monocristalino PERC	36	450,00	16,20	222,69	57,03	0,03
2	Ja Solar:Monocristalino PERC	33	450,00	14,85	132,69	57,03	0,00
3	Ja Solar:Monocristalino PERC	17	450,00	7,65	180,15	33,00	1,83

Monthly Shading Losses (%)												
Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,11	0,86	1,76	2,78	3,55	3,09	2,72	1,20	0,29	0,85	0,94
Mean	0,01	0,04	0,29	0,59	0,95	1,22	1,05	0,92	0,40	0,10	0,28	0,31

Horrela izanda, frontoiko eta padel pistako aldageletako lehen eta azken proposamenak erreparatuta, azkenengo proposamena hautatuko litzateke. Izan ere, bi kasuetan, itzalen ondoriozko galerak mespretxagarriak dira. Gainera, azken proposamenean lehenengoan baino 10 eguzki-panel gehiago kokatu daitezke, hau da, potentzia gehiago sortu daitekeela hala nola.



Bestaldetik, futbol-zelaiko aldageletako eguzki-instalazioaren lehenengo proposamenean eguzki-panelak bertikalki jarriko dira (ikus 29. irudia).



29. Irudia. Futbol-zelaiko aldageletako lehen proposamena.

Horrela izanda, 29 eguzki-panel kokatuko litezke, 13,05 kW<sub>p</sub> potentzia sortuz eta itzalek sortutako galerak nuluak izanik.

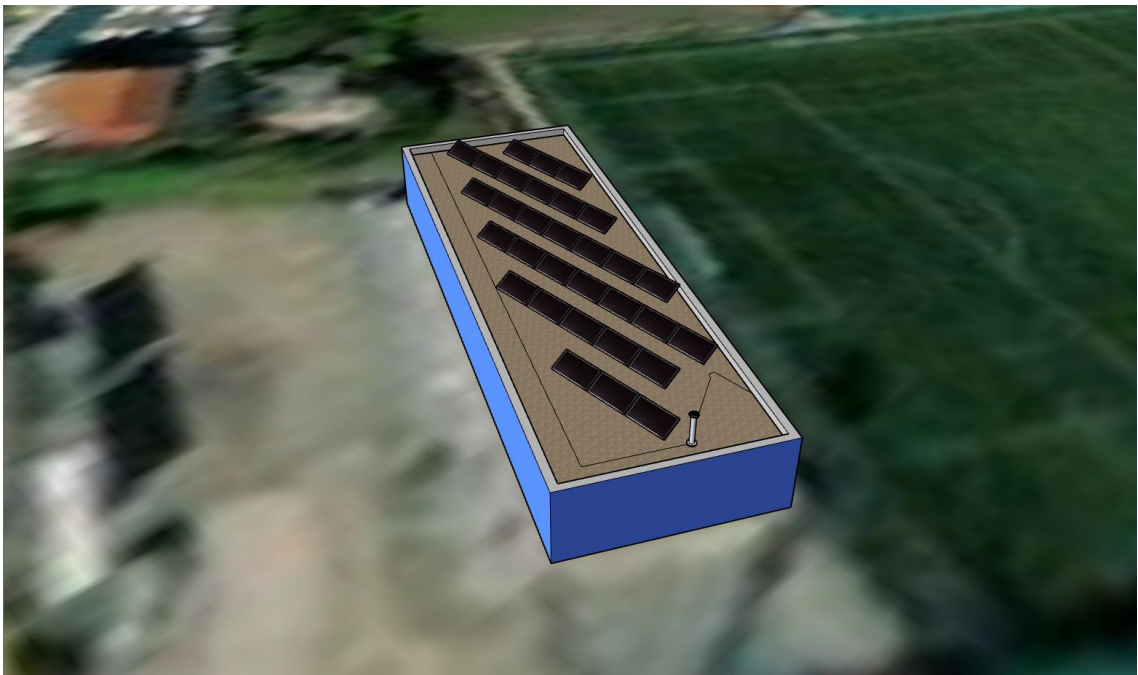
9. Taula. Futbol-zelaiko aldageletako lehen emaitzak.

Groups global results				
Solar panels	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Shading L. (%)
Ja Solar:Monocristalino PERC	29	450,00	13,05	0,00

Results for solar modules in each group (grouped by same tilt, azimuth and panel model)							
Group	Model	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Azimuth	Tilt	Shading L. (%)
1	Ja Solar:Monocristalino PERC	29	450,00	13,05	180,15	33,00	0,00

Monthly Shading Losses (%)												
Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mean	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00

Aldiz, bigarren proposamenean eguzki-panelak horizontalki jartzen dira (ikus 30. irudia).



30. Irudia. Futbol-zelaiko aldageletako bigarren proposamena.

Kasu honetan, 31 eguzki-panel kokatuko litezke, 13,95 kW<sub>p</sub> potentzia sortuz eta itzalek sortutako galerak % 0,02 izanik.

10. Taula. Futbol-zelaiko aldageletako bigarren emaitzak.

Groups global results				
Solar panels	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Shading L. (%)
Ja Solar:Monocristalino PERC	31	450,00	13,95	0,02

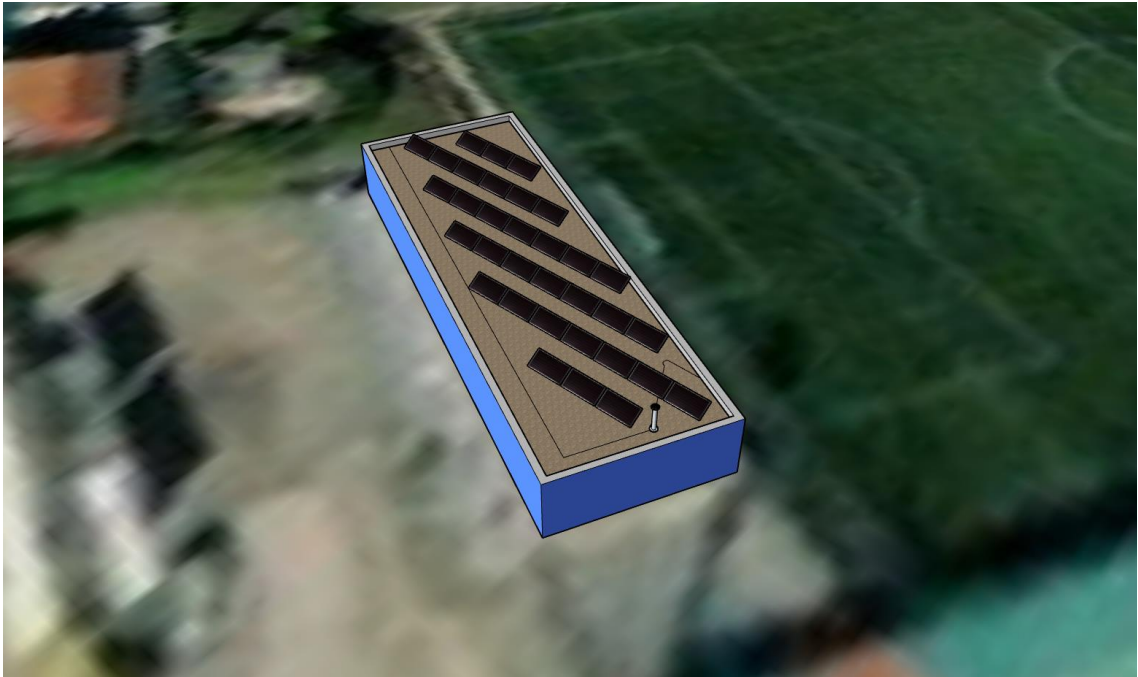
Results for solar modules in each group (grouped by same tilt, azimuth and panel model)							
Group	Model	NºP.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Azimuth	Tilt	Shading L. (%)
1	Ja Solar:Monocristalino PERC	31	450,00	13,95	180,15	33,00	0,02

Monthly Shading Losses (%)												
Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,09	0,00	0,00	0,01	0,01	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Mean	0,09	0,00	0,00	0,01	0,01	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00

Aurreko bi emaitzak ikusita, bigarren proposamenak potentzia gehiago sortuko luke, baina itzalek sortutako galerak kontuan hartu behar dira. Horrela, itzalek sortutako galerak kontuan hartuz, bigarren proposamenean ia potentzia berdina sortuko litzateke.

Beraz, 2. proposamena hautatzen da, hau da, eguzki-panelak horizontalki jarriko dira futbol-zelaiko aldagelen teilatuan, itzalek sortzen dituzten galerak oso txikiak direlako.

Frontoiko eta padel pistako aldagelen azken proposamenean bezala, tximiniak sortutako itzalak baxuegiak direla suposatuko dira, eguzki-panel gehiago kokatuz (ikus 31. irudia).



31. Irudia. Futbol-zelaiko aldageletako azken proposamena.

Orduan, azken proposamen honetan 33 eguzki-panel kokatuko litezke, 14,85 kW<sub>p</sub> potentzia sortuz eta itzalek sortutako galerak % 0,07 izanik.

11. Taula. Futbol-zelaiko aldageletako azken emaitzak.

Groups global results				
Solar panels	Nºp.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Shading L. (%)
Ja Solar:Monocrystalino PERC	33	450,00	14,85	0,07

Results for solar modules in each group (grouped by same tilt, azimuth and panel model)							
Group	Model	Nºp.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Azimuth	Tilt	Shading L. (%)
1	Ja Solar:Monocrystalino PERC	33	450,00	14,85	180,15	33,00	0,07

Monthly Shading Losses (%)												
Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,51	0,00	0,00	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,30	0,36
Mean	0,51	0,00	0,00	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,30	0,36

Hortaz, futbol-zelaiko aldageletako bigarren eta azken proposamenak erreparatuta, azkenengo proposamen hau hautatuko litzateke. Bi kasuetan, itzalen ondoriozko galerak mespretxagarriak dira. Aldiz, azken proposamenean bigarreanean baino 2 eguzki-panel gehiago kokatu daitezke.

Aurreko guztia kontuan hartuz, Portugaleteko Los Llanos kirolgunean gehienez 119 eguzki-panel instalatu ahalko lirateke, 53,55 kW<sub>p</sub> potentzia sortuz itzalek sortutako galerak kontuan hartu gabe.

## 8.2. Eguzki-panelen portaeraren azterketa

Eguzki-panel baten ezaugarriak aztertzean, haren portaera kontuan izan behar da, une bakoitzeko irradiantziaren eta tenperaturaren arabera aldatzen delako [73]. Orokorrean, panelen ezaugarri teknikoak, funtzionamendu-kurbaren arabera grafikoki adierazita, ondorengo STC baldintzetarako ematen dira:

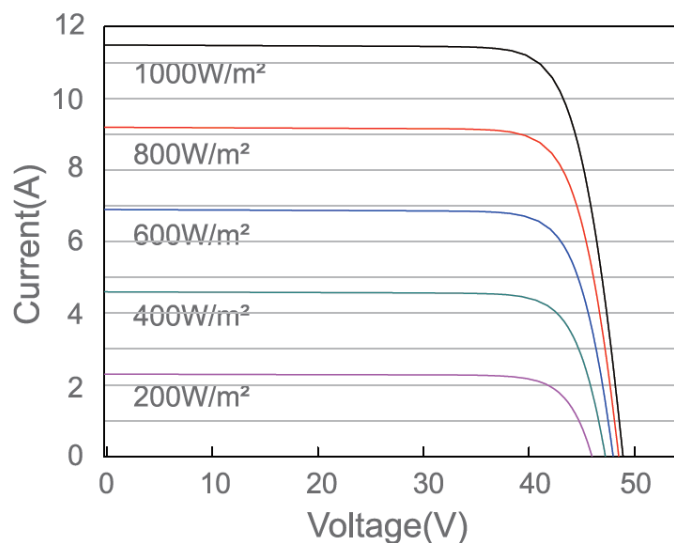
- Eguzki-irradiazioa: 1000 W/m<sup>2</sup>.
- Temperatura: 25 °C.
- Argi-espektroa: 1,5 aire masa.

Hurrengo irudian JA Solar 450 W 24 V Monocristalino PERC eguzki-panelaren STC ezaugarriak adierazten dira:

**12. Taula. JA Solar Monocristalino PERC eguzki-panelaren STC ezaugarriak.**

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC						
TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Maximum Power(P <sub>max</sub> ) [W]	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage(V <sub>oc</sub> ) [V]	49.40	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15
Maximum Power Voltage(V <sub>mp</sub> ) [V]	40.90	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43
Short Circuit Current(I <sub>sc</sub> ) [A]	11.28	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49
Maximum Power Current(I <sub>mp</sub> ) [A]	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
Module Efficiency [%]	19,7	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub> (α <sub>Isc</sub> )	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub> (β <sub>Voc</sub> )	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> (γ <sub>Pmp</sub> )	-0,350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Funtzionamendu-kurba hau izango da:



32. Irudia. JA Solar Monocrystalino PERC eguzki-panelaren tentsio-korronte kurba.

Eguzki-panelaren STC ezaugarriei eta tentsio-korronte kurbari erreparatuz STC baldintzetan zirkuitu irekiko tentsioa 49,70 V izango da eta zirkuitu-laburreko korrontea 11,36 A. Gainera, potentzia maximoko puntuan, hau da, eguzki-panelaren potentzia izendatuan, 41,52 V eta 10,84 A izango ditu.

Jarraian, eguzki-panelaren portaera NOCT baldintzetan aztertuko da. NOCT baldintzetan, eguzki-panelak STC baldintza estandarretan ez bezalako irradianziekin eta temperaturekin lan egiten du. NOCT zelularen funtzionamendu-tenperatura nominala da, hau da, eguzki-zelulek  $800 W/m^2$ -ko irradianzia jasaten dutenean  $1,5G$  aire masako argi-espeketroarekin eta haizearen abiadura  $1 m/s$  denean. Baldintza horietan eguzki-panelak era egokian lan egiteko, baldintza horietako funtzionamendu-kurbaren parametroak birkalkulatu behar dira. Horretarako, STC baldintzekiko irradianziaren eta temperaturaren balio berriek dakartzaten aldaketak kontuan hartu behar dira.

Baldintza horietan  $800 W/m^2$ -ko irradianzia dago, eta horrek eguzki-panelak sortutako zirkuitu-laburreko korrontearen ( $I_{sc}$ ) murrizketa proportzionala eragingo du:

$$I_{sc_{800 W/m^2}} = \frac{800 \cdot I_{sc}}{1000} \quad (52)$$

Hala ere, irradiantziaren murrizketak ez du eraginik zirkuitu irekiko tentsioan ( $V_{oc}$ ), zirkuitu irekiko tentsioa berdina baita.

Baldintza horietan, giro tenperatura 25 °C-ekoa da, eta horrek zelularen tenperaturaren ( $T_{NOCT}$ ) eragingo du, fabrikatzaileak zehazten duen STC baldintzetako 25 °C-etik desberdina dena. Gainera,  $I_{sc}(\alpha)$  korronterako eta  $V_{oc}(\beta)$  tentsiorako tenperatura-koefizientea behatu behar da. Horien arabera, zirkuitu-laburreko korronea NOCT baldintzetan ( $I_{scNOCT}$ ) kalkulatu behar da, 800 W/m<sup>2</sup>-ko irradiantziaren araberrako aldakuntza kontuan hartuta. Baita zirkuitu irekiko tentsioa ( $V_{ocNOCT}$ ):

$$I_{scNOCT} = I_{sc800\text{ W/m}^2} + [I_{sc}(\alpha) \cdot \Delta t] \quad (53)$$

$$V_{ocNOCT} = V_{oc} + [V_{oc}(\beta) \cdot \Delta t] \quad (54)$$

Non:

$$\Delta t = T_{NOCT} - T_{STC} \quad (55)$$

Azkenik,  $I_{scNOCT}$  eta  $V_{ocNOCT}$  balioak kalkulatu ondoren, NOCT baldintzetan, potentzia handieneko punturako korrone ( $I_{mpNOCT}$ ) eta tentsioaren ( $V_{mpNOCT}$ ) balioak zehaztu behar dira, hurrenez hurren:

$$I_{mpNOCT} = I_{scNOCT} \cdot \frac{I_{mp}}{I_{sc}} \quad (56)$$

$$V_{mpNOCT} = V_{ocNOCT} \cdot \frac{V_{mp}}{V_{oc}} \quad (57)$$

Datu horiekin, NOCT baldintzetarako panelaren potentzia izendatua kalkulatu daiteke:

$$P_{nNOCT} = V_{mpNOCT} \cdot I_{mpNOCT} \quad (58)$$

JA Solar eguzki-panelean,  $45 \pm 2$  °C zelula-tenperaturarekin, NOCT parametroak hauek dira:



$$I_{sc_{800\text{ W/m}^2}} = \frac{800 \cdot 11,36}{1000} = 9,088\text{ A} \quad (59)$$

$$I_{sc}(\alpha) = 44 \cdot 10^{-3}\text{ A/}^{\circ}\text{C} \quad (60)$$

$$\Delta t = 45 - 25 = 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (61)$$

$$I_{sc_{NOCT}} = 9,088 + [44 \cdot 10^{-3} \cdot 20] = 9,968\text{ A} \quad (62)$$

$$V_{oc}(\beta) = -272 \cdot 10^{-3}\text{ V/}^{\circ}\text{C} \quad (63)$$

$$V_{oc_{NOCT}} = 49,70 + [-272 \cdot 10^{-3} \cdot 20] = 44,26\text{ V} \quad (64)$$

Orain, potentzia handieneko puntuan intentsitatearen eta tentsioaren balioak kalkulatzen dira:

$$I_{mp_{NOCT}} = 9,968 \cdot \frac{10,84}{11,36} = 9,512\text{ A} \quad (65)$$

$$V_{mp_{NOCT}} = 44,26 \cdot \frac{41,52}{49,70} = 36,975\text{ V} \quad (66)$$

Panelaren potentzia izendatua NOCT baldintzetan honako hau izango da:

$$P_{n_{NOCT}} = 36,975 \cdot 9,512 = 351,70\text{ W} \quad (67)$$

Ezaugarri-orriarekin konparatuz, lortu izan diren emaitzak pixka bat desberdinak izan dira (ikus 13. taula). Kontuan izan, emaitza horiek laborategian egindako neurketen ondorioz lortu izan direla eta ez kalkuluen ondorioz.

**13. Taula. JA Solar eguzki-panelaren NOCT ezaugarriak.**

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT							OPERATING CONDITIONS	
TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Rated Max Power(Pmax) [W]	333	336	340	344	348	352	Operating Temperature	-40 °C~+85 °C
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46,40	46,65	46,90	47,15	47,38	47,61	Maximum Series Fuse	20A
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38,70	38,95	39,19	39,44	39,68	39,90	Maximum Static Load,Front*	5400Pa
Short Circuit Current(Isc) [A]	9,16	9,20	9,25	9,29	9,33	9,38	Maximum Static Load,Back*	2400Pa
Max Power Current(Imp) [A]	8,60	8,64	8,68	8,72	8,76	8,81	NOCT	45±2 °C
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1,5G						Safety Class	Class II
							Fire Performance	UL Type 1

Hortaz, sarera konektatutako eguzki-instalazio fotovoltaiko batean panelak jartzerakoan, komeni da haien portaera aztertzea. Neguan, irradiantzia-baldintza txarrenetan eta tenperatura baxueneko baldintzetan; eta udan, irradiantzia eta tenperatura handieneko baldintzetan lortutako balioek instalazioaren inbertsorea baldintzatuko baitute.

Eguzki-panelen NOCT portaera aztertuta, portaera estandarrak ez diren beste baldintza batzuk ikertuko dira. STC edo NOCT bestelako baldintzak gertatzen direnean, panelen portaera aldatzen da, korrontea eta tentsioa aldatzen baitira [74]. Beraz, beharrezkoa da eguzki-panel fotovoltaikoa baldintza horien arabera aztertzea.

Hasteko, zelulen tenperatura zehaztu behar da. Horretarako, fabrikatzaileak NOCT baldintzetan emandako datuen analisia egiten da, zelularen tenperatura igoera 20 °C giro-tenperaturan eta 1000 W/m<sup>2</sup>-ko irradiantziarekin lortuz.

$$\Delta t_{zelula_{800\text{ W/m}^2}} = T_{zelula_{800\text{ W/m}^2}} - 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (68)$$

Datu horrekin, zelulak giro-tenperaturarekiko duen tenperatura-aldaketa irradiantziarekiko proportzionala denez, irradiantziari (G) zein tenperatura-igoera dagokion zehaztu daiteke:

$$\Delta t_{zelula_G} = \frac{\Delta t_{zelula_{800\text{ W/m}^2}} \cdot G}{800} \quad (69)$$

Orain, zehaztutako irradiantziaren tenperatura-aldaketa gehitzen bazaio giro-tenperaturari, baldintza berri horietarako zelularen-tenperatura lortzen da:

$$T_{zelula_{G,T}} = \Delta t_{zelula_G} + T \quad (70)$$

Hemendik aurrera, aurreko formulak aplikatuz, panelaren funtzionamendu-kurba berriak zehaztuko dira neguko eta udako kasuetan.

Udako batez besteko tenperaturarik altuenak abuztuan gertatzen dira, 19,4 °C-eko tenperaturarekin. Aldiz, neguko batez besteko tenperaturarik baxueneko hilabetea urtarrian da, 8,2 °C-eko tenperaturarekin.



Beraz, JA Solar eguzki-panelaren udako funtzionamendu-kurba zehaztuko da, 19,4 °C-eko giro-tenperaturarekin eta balio maximoa duen irradiantziarekin, hau da, 1000 W/m<sup>2</sup>. Gainera, 1000 W/m<sup>2</sup> duen irradiantziarentzat eguzki-panelaren zirkuitu-laburreko korrontea, fabrikatzaileak STC baldintzetan emandakoa izango da:

$$I_{SC_{1000\text{ W/m}^2}} = I_{SC} = 11,36\text{ A} \quad (71)$$

NOCT baldintzetan, hau da, irradiantzia 800 W/m<sup>2</sup> denean, 20 °C-eko giro-tenperaturak 45 °C-eko tenperatura sortzen du eguzki-panelean. Giro-tenperatura 19,4 °C denean 1000 W/m<sup>2</sup>-ko irradiantziarekin, zelularen tenperatura hau izango da:

$$\Delta t_{zelula_{800\text{ W/m}^2}} = 45 - 20 = 25\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (72)$$

$$\Delta t_{zelula_{1000\text{ W/m}^2}} = \frac{25 \cdot 1000}{800} = 31,25\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (73)$$

$$T_{zelula_{1000\text{ W/m}^2_{19,4\text{ }^{\circ}\text{C}}}} = 31,25 + 19,4 = 50,65\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (74)$$

Zirkuitu-laburreko korrontea tenperatura honetan kalkulatzen da:

$$I_{SC}(\alpha) = 44 \cdot 10^{-3}\text{ A/}^{\circ}\text{C} \quad (75)$$

$$\Delta t = T_{zelula_{1000\text{ W/m}^2_{19,4\text{ }^{\circ}\text{C}}}} - T_{STC} = 50,65 - 25 = 25,65\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (76)$$

$$\begin{aligned} I_{SC_{1000\text{ W/m}^2_{19,4\text{ }^{\circ}\text{C}}}} &= I_{SC_{1000\text{ W/m}^2}} + [I_{SC}(\alpha) \cdot \Delta t] \\ &= 11,36 + [44 \cdot 10^{-3} \cdot 25,65] = 12,49\text{ A} \end{aligned} \quad (77)$$

Zirkuitu irekiko tentsioa tenperatura honetan kalkulatzen da:

$$V_{OC}(\beta) = -272 \cdot 10^{-3}\text{ V/}^{\circ}\text{C} \quad (78)$$

$$\begin{aligned} V_{OC_{1000\text{ W/m}^2_{19,4\text{ }^{\circ}\text{C}}}} &= V_{OC} + [V_{OC}(\beta) \cdot \Delta t] \\ &= 49,70 + [-272 \cdot 10^{-3} \cdot 25,65] = 42,72\text{ V} \end{aligned} \quad (79)$$

Orain, potentzia handieneko puntuan intentsitatearen eta tentsioaren balioak kalkulatzen dira:

$$I_{mp_{1000 \text{ W/m}^2_{19,4 \text{ }^{\circ}\text{C}}} = I_{sc_{1000 \text{ W/m}^2_{19,4 \text{ }^{\circ}\text{C}}} \cdot \frac{I_{mp}}{I_{sc}} = 12,49 \cdot \frac{10,84}{11,36} \quad (80)$$

$$= 11,92 \text{ A}$$

$$V_{mp_{1000 \text{ W/m}^2_{19,4 \text{ }^{\circ}\text{C}}} = V_{oc_{1000 \text{ W/m}^2_{19,4 \text{ }^{\circ}\text{C}}} \cdot \frac{V_{mp}}{V_{oc}} = 42,72 \cdot \frac{41,52}{49,70} \quad (81)$$

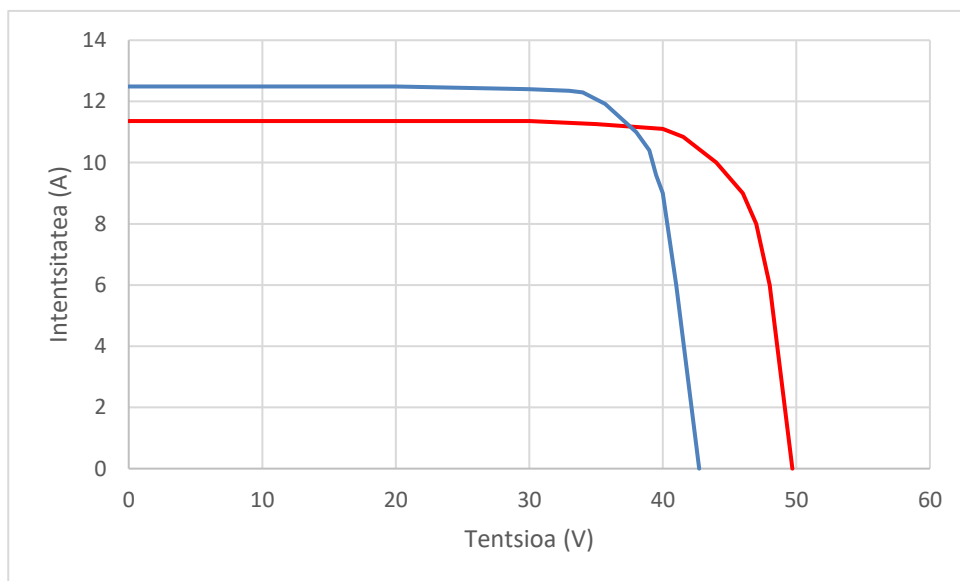
$$= 35,69 \text{ V}$$

Aurreko emaitza guztiekin, eguzki-panelaren potentzia izendatua 19,4 °C-eko giro-tenperaturan eta 1000 W/m<sup>2</sup> irradiantziarekin kalkulatu daiteke:

$$P_{n_{1000 \text{ W/m}^2_{19,4 \text{ }^{\circ}\text{C}}} = V_{mp_{1000 \text{ W/m}^2_{19,4 \text{ }^{\circ}\text{C}}} \cdot I_{mp_{1000 \text{ W/m}^2_{19,4 \text{ }^{\circ}\text{C}}} \quad (82)$$

$$= 35,69 \cdot 11,92 = 425,33 \text{ W}$$

Datu horiekin, eguzki-panelaren STC funtzionamendu-kurba (gorriz) eta 19,4 °C-eko giro-tenperaturan eta 1000 W/m<sup>2</sup> irradiantziarekin (urdinez) irudikatu daiteke:



**33. Irudia.** Eguzki-panelaren funtzionamendu-kurba STC baldintzetan eta udan.

Udako egoera aztertu ondoren, neguko funtzionamendu-kurba zehaztuko da, 8,2 °C-eko giro-tenperaturan eta eguzki-panelaren 200 W/m<sup>2</sup> irradiantzia minimoarekin. 200 W/m<sup>2</sup>-ko irradiantziaren zirkuitu-laburreko intentsitatea fabrikatzaileak STC baldintzetan emandakoaren aldaera bat da. Hiruko erregela aplikatuz:

$$I_{SC_{200\text{ W/m}^2}} = \frac{200 \cdot I_{SC}}{1000} = \frac{200 \cdot 11,36}{1000} = 2,27\text{ A} \quad (83)$$

NOCT baldintzetan, hau da, irradiantzia  $800\text{ W/m}^2$  denean,  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -eko giro-tenperaturak  $45\text{ }^\circ\text{C}$ -eko tenperatura sortzen du eguzki-panelean. Giro-tenperatura  $8,2\text{ }^\circ\text{C}$  denean  $200\text{ W/m}^2$ -ko irradiantziarekin, zelularen tenperatura hau izango da:

$$\Delta t_{zelula_{200\text{ W/m}^2}} = 45 - 20 = 25\text{ }^\circ\text{C} \quad (84)$$

$$\Delta t_{zelula_{200\text{ W/m}^2}} = \frac{25 \cdot 200}{800} = 6,25\text{ }^\circ\text{C} \quad (85)$$

$$T_{zelula_{200\text{ W/m}^2_{8,2\text{ }^\circ\text{C}}}} = 6,25 + 8,2 = 14,45\text{ }^\circ\text{C} \quad (86)$$

Zirkuitu-laburreko korrrontea tenperatura honetan kalkulatzen da:

$$I_{SC}(\alpha) = 44 \cdot 10^{-3}\text{ A/}^\circ\text{C} \quad (87)$$

$$\Delta t = T_{zelula_{200\text{ W/m}^2_{8,2\text{ }^\circ\text{C}}}} - T_{STC} = 14,45 - 25 = -10,55\text{ }^\circ\text{C} \quad (88)$$

$$\begin{aligned} I_{SC_{200\text{ W/m}^2_{8,2\text{ }^\circ\text{C}}}} &= I_{SC_{200\text{ W/m}^2}} + [I_{SC}(\alpha) \cdot \Delta t] \\ &= 2,27 + [44 \cdot 10^{-3} \cdot (-10,55)] = 1,81\text{ A} \end{aligned} \quad (89)$$

Zirkuitu irekiko tentsioa tenperatura honetan kalkulatzen da:

$$V_{OC}(\beta) = -272 \cdot 10^{-3}\text{ V/}^\circ\text{C} \quad (90)$$

$$\begin{aligned} V_{OC_{200\text{ W/m}^2_{8,2\text{ }^\circ\text{C}}}} &= V_{OC} + [V_{OC}(\beta) \cdot \Delta t] \\ &= 49,70 + [-272 \cdot 10^{-3} \cdot (-10,55)] = 52,57\text{ V} \end{aligned} \quad (91)$$

Potentzia handieneko puntuan intentsitatearen eta tentsioaren balioak kalkulatzen dira:

$$\begin{aligned} I_{mp_{200\text{ W/m}^2_{8,2\text{ }^\circ\text{C}}}} &= I_{SC_{200\text{ W/m}^2_{8,2\text{ }^\circ\text{C}}}} \cdot \frac{I_{mp}}{I_{SC}} = 1,81 \cdot \frac{10,84}{11,36} \\ &= 1,72\text{ A} \end{aligned} \quad (92)$$

$$V_{mp_{200 \text{ W/m}^2, 8,2 \text{ }^{\circ}\text{C}}} = V_{oc_{200 \text{ W/m}^2, 8,2 \text{ }^{\circ}\text{C}}} \cdot \frac{V_{mp}}{V_{oc}} = 52,57 \cdot \frac{41,52}{49,70} \quad (93)$$

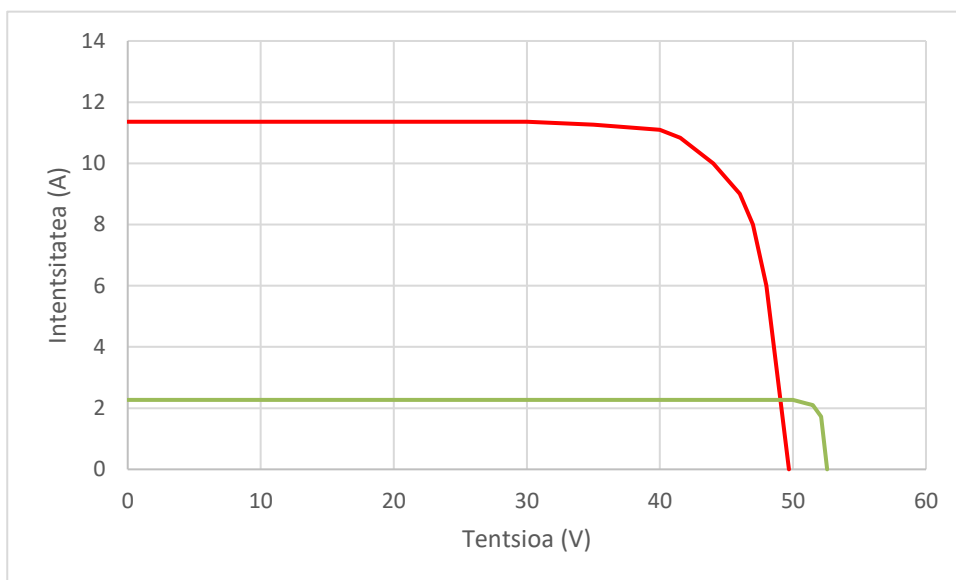
$$= 52,11 \text{ V}$$

Aurreko emaitza guztiekin, eguzki-panelaren potentzia izendatua 8,2 °C-eko giro-tenperaturan eta 200 W/m<sup>2</sup> irradianziarekin kalkulatu daiteke:

$$P_{n_{200 \text{ W/m}^2, 8,2 \text{ }^{\circ}\text{C}}} = V_{mp_{200 \text{ W/m}^2, 8,2 \text{ }^{\circ}\text{C}}} \cdot I_{mp_{200 \text{ W/m}^2, 8,2 \text{ }^{\circ}\text{C}}} \quad (94)$$

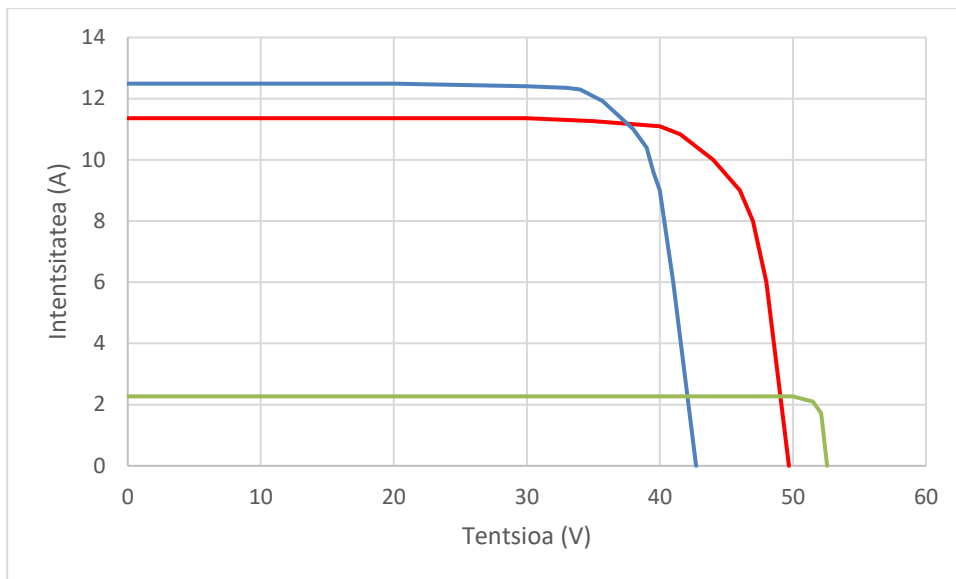
$$= 1,72 \cdot 52,11 = 89,87 \text{ W}$$

Lortutako datuekin, eguzki-panelaren STC funtzionamendu-kurba (gorriz) eta 8,2 °C-eko giro-tenperaturan eta 200 W/m<sup>2</sup> irradianziarekin (berdez) irudikatu daiteke:



**34. Irudia.** Eguzki-panelaren funtzionamendu-kurba STC baldintzetan eta neguan.

Bukatzeko, hurrengo grafikoan eguzki panelaren portaera STC baldintzetan (gorriz), udan (urdinez) eta neguan (berdez) adierazten da:



**35. Irudia.** Eguzki-panelaren funtzionamendu-kurbak batera.

Orduan, esan daiteke eguzki-panelen portaera asko desbideratu daitekeela balio izendatutik neguan eta udan. Hala ere, energia-iturri egokitzat har daitezkeela ondoriozta daiteke.

### 8.3. Inbertsoreen integrazioa eguzki-sistema fotovoltaikoan

Sarera konektatutako instalazio fotovoltaiko batean, inbertsorea potentzia-pikuaren arabera dimentsionatzen da [75]. Horrela, eguzki-sistemaren serie-paralelo konexioak definituko litezke.

Inbertsorea dimentsionatzerako orduan, sarritan erabilitako diseinu-erabaki bat 0,8ko zuzenketa-faktorea erabiltzea da. Izan ere, STC baldintzetan estimatutako potentzia-pikua laborategietan lorturiko emaitzak dira, eta ez baldintza errealekoak. Hortaz, negutik udarako eguzki-irradiazioaren aldakuntza dela eta, inbertsoreak ezin izango du baldintza onenetan lan egin. Beraz, inbertsorearen dimentsionamendurako, eguzki-sistemaren potentzia-pikua ( $P_{p_{sistema}}$ ) ezagutu behar da, eguzki-panelaren potentzia-pikuaren ( $P_{p_{panel}}$ ) eta panel kopuruaren ( $N_{P_{max}}$ ) arabera kalkulatzen dena:

$$P_{p_{sistema}} = N_{P_{max}} \cdot P_{p_{panel}} \cdot 0,8 \quad (95)$$

Behin sistemaren potentzia-pikua determinatu denean, eguzki-sistemaren serie-paralelo konexioak diseinatuko dira. Horretarako inbertsorearen sarrerako tentsioen lan

eremua kontuan hartu behar da. Tentsio horiek JA Solar eguzki-panelak eskainitako tentsioak dira. Kontuan izan beharra dago, udan eta neguan zehaztutako tenperaturak batez besteko tenperaturak direla. Horrela izanda, udako eta neguko tentsioen tartea zabaldu egingo da, kasu partikular batean tentsio maximo eta minimoak tarte horren barruan daudela bermatuz. Hortaz, hauek izango dira zehaztuko diren tarte berriaren balioak:

- Tentsio maximoa ( $V_{\max\_panel}$ ): zirkuitu irekiko tentsioa giro-tenperatura baxuenean (neguan), hau da, 52,57 V. Balio handiagoa aukeratuko da, adibidez, 54 V.
- Tentsio minimoa ( $V_{\min\_panel}$ ): zirkuitu irekiko tentsioa giro-tenperatura altuenean (udan), hau da, 42,72 V. Balio txikiagoa aukeratuko da, adibidez, 42 V.

Inbertsoreak eskaintzen duen tentsio tartearen arabera ( $V_{\min\_inbertsore} - V_{\max\_inbertsore}$ ), seriean konektatu daitezkeen gutxieneko eta gehieneko eguzki-panel kopurua zehaztu daiteke. Alde batetik, seriean gutxienez konektatu daitezkeen panel kopurua zehazten da (zenbaki osoa eta gorantz biribildu):

$$NP_{s\_min} = \frac{V_{\min\_inbertsore}}{V_{\min\_panel}} \quad (96)$$

Bestaldetik, seriean gehienez konektatu daitezkeen panel kopurua zehazten da (zenbaki osoa eta beherantz biribildu):

$$NP_{s\_max} = \frac{V_{\max\_inbertsore}}{V_{\max\_panel}} \quad (97)$$

Lortutako balioen arabera seriean konektatu daitezkeen eguzki-panel kopurua ( $NP_s$ ) zehazten da, eguzki-sisteman tentsio hauek sortuz:

$$V_{\max\_sistema} = V_{\max\_panel} \cdot NP_s \quad (98)$$

$$V_{\min\_sistema} = V_{\min\_panel} \cdot NP_s \quad (99)$$

Seriean konektatu daitezkeen eguzki-panelak jakinda, paraleloan konektatu daitezkeen panelak ( $NP_p$ ) determinatzen da. Betiere, instalazioan kokatu daitezkeen eguzki-panel kopuru maximoa ( $NP_{max}$ ) gainditu gabe:

$$NP_p = \frac{NP_{max}}{NP_s} \quad (100)$$

Lortutako balioaren arabera, komenigarria izan daiteke seriean eguzki-panel kopuru desberdinak aukeratzea serie-paralelo panel kopurua optimizatzeko helburuarekin. Horrela izanda, instalazioaren eguzki-panel kopuru totala zehazten da:

$$NP = NP_s \cdot NP_p \quad (101)$$

Azkenik, eguzki-sisteman sortutako korrontea ( $I_{sistema}$ ), panel bakoitzak sortutako gehieneko intentsitatearen arabera ( $I_{max\_panel}$ ), inbertsorearen sarrerako korronte maximoa baino baxuagoa dela egiaztatu behar da:

$$I_{sistema} = NP_p \cdot I_{max\_panel} \quad (102)$$

Eguzki-sistemaren korrontea inbertsoreak onartuko zukeena baino handiagoa balitz, paraleloan konektatutako panel kopurua murriztu beharko litzateke, potentzia galduz. Beste aukera bat inbertsorea aldatzea izango litzateke.

Beraz, aurreko guztia kontuan hartuz, Los Llanos kirolguneko frontoiko eta padel pistako aldagelen eremua, eta futbol-zelaiko aldagelen eremua batera aztertuko dira, nahiz eta serie-paralelo konexioak bananduta egongo diren.

Los Llanos kirolgunean gehienez 119 eguzki-panel konektatu daitezkeela frogatu izan da, 86 eguzki-panel frontoiko eta padel pistako aldagelen eremuan, eta 33 eguzki-panel futbol-zelaiko aldagelen eremuan. Emaizak zehatzak izateko 112 eguzki-panel instalatuko dira, hau da, 7 eguzki-panel kenduko dira. Hortaz, 80 eguzki-panel jarriko dira frontoiko eta padel pistako aldagelen eremuan, eta 32 eguzki-panel futbol-zelaiko aldagelen eremuan. Beraz, honako potentzia hau sortuko litzateke osotasunean:

$$P_{p_{sistema}} = 112 \cdot 450 \cdot 0,8 = 40,32 \text{ kW} \quad (103)$$

Ikusten den moduan, eguzki-sistemak sortutako potentzia onargarria da. Izan ere, Riello Sirio inbertsoreak jasan dezakeen gehieneko potentzia 121 kW da. *Alternatiben analisisan* komentatu den moduan, datu hori sarrerako tentsio maximoaren eta korrante maximoaren arteko biderkaduraren emaitza da (ikus 14. taula).

**14. Taula. Riello Sirio inbertsorearen sarrerako ezaugarriak.**

Input (PV)	
Max. Input Voltage	1100V
Rated Input Voltage	620V
Max. Input Current	110A (33A/33A/22A/22A)
Max.Short Circuit Current	140A(42A/42A/28A/28A)
Start Input Voltage/ Min. Operating Voltage	250V/200V
MPPT Operating Voltage Range	200V-960V
MPPT Operating Voltage Range (Full-Load)	540V-850V
Max. Number of PV Strings	10(3/3/2/2)
No. of MPPTs	4

Gainera, eguzki-piku orduak 2,18 ordu direla jakinda, eguzki-instalazio fotovoltaikoak ase dezakeen energia eskaria ( $E_g$ ) determinatu daiteke:

$$E_g = 40,32 \text{ kW} \cdot 2,18 \text{ h} = 87,9 \text{ kWh} \quad (104)$$

Aukeratutako inbertsorearen sarrerako tentsio zuzen maximoa 1.110 V-ekoa da eta tentsio minimoa (ezaugarri-orrian *start voltage*) 250 V-ekoa:

$$NP_{s_{min}} = \frac{250}{42} = 5,95 \approx 6 \text{ panel seriean} \quad (105)$$

$$NP_{s_{max}} = \frac{1100}{54} \approx 20,37 = 20 \text{ panel seriean} \quad (106)$$

Orduan, 6 eta 20 tarteko eguzki-panel kopuru konektatu daitezke seriean. 16 panel aukeratzeko dira serieko konexioa egiteko. Beraz, tentsioak hauek dira:

$$V_{\max\_sistema} = 52,57 \cdot 16 = 841,12 \text{ V} \quad (107)$$



$$V_{\min\_sistema} = 42,72 \cdot 16 = 683,52 \text{ V} \quad (108)$$

Paraleloan konektatzen diren eguzki-panel kopurua kalkulatzeko da:

$$NP_p = \frac{112}{16} = 7 \text{ panel paraleloan} \quad (109)$$

Frontoiko eta padel pistako aldagelen eremuan, seriean konektatutako 5 multzo paraleloan konektatuko litezke eta futbol-zelaiko aldagelen eremuan seriean konektatutako 2 multzo. Gainera, Riello Sirio inbertsorearen sarrera kopuru maximoa 10 da. Izatez, frontoiko eta padel pistako eremuan paraleloan konektatutako eguzki-panelak, 3 sarrera dituzten bi MPPT erreguladoreetan konektatuko litezke, sarrera bat libre egonik. Aldiz, futbol-zelaiko aldagelen eremuan paraleloan konektatutako eguzki-panelak, 2 sarrera dituen MPPT erreguladorean konektatuko litezke. Orduan, MPPT bat erabili gabe utziko litzateke, inbertsorearen 3 sarrera libre egonik.

Aukeratutako serie-paralelo konexioarekin, JA Solar eguzki-panelaren korrante maximoa (zirkuitu-laburreko korrantea) 11,36 A-koa dela gogoratuz, eguzki-panel sistemak sortutako korrantea honako hau izango da:

$$I_{sistema} = 7 \cdot 11,36 = 79,52 \text{ A} \quad (110)$$

Ikusten den moduan, aukeratutako inbertsoreak eguzki-sistemak sortutako 79,52 A jasan dezake, sarrerako korrante maximoa 110 A delako. Horrela izanda, inbertsorearen dimentsionamendua zuzena izango litzateke. Inbertsorearen sarrerako parametro guztiak errespetatzen direlako.

#### 8.4. Eguzki-sistema fotovoltaiakoaren kableatua

Eguzki-instalazioaren kableatua egiterako orduan, indarrean dagoen araudia errespetatu beharko da [76]. Gainera, kableatuaren sekzio egokia hautatu beharko da garraiatzen den korrantearen arabera. Horrela, kaltegarriak diren tentsio-erorketak ez direla gertatuko bermatu behar da, betiere baldintzarik txarrenak kontuan hartuta.

Erreferentzia gisa, korrante zuzeneko eroaleek, tentsio-erorketa % 1,5etik beherakoa izateko sekzioa eduki behar dute. Aldiz, korrante alternoko eroaleek, tentsio-erorketa % 2tik beherakoa izateko sekzioa eduki behar dute. Beraz, aurreko bi kasuak aztertuko dira, korrante zuzeneko kableatua eta korrante alternoko kableatua.

#### **8.4.1. Korrante zuzeneko kableatuaren kalkulua**

Korrante zuzeneko tarterako, Prysmian etxeko PRYSUN instalazio fotovoltaiakoetarako kablea aukeratzen da, EN 50618 eta IEC 62930 nazioarteko estandarren arabera diseinatua dagoena [77]. PRYSUN kableak isolamendu bikoitza du, Eraikuntzaren Kode Teknikoa betez.

Hasteko, eguzki-panelaren zirkuitu-laburreko intentsitatearen balioa STC baldintzetan gogoratu beharra dago, hau da, 11,36 A. Horrela, kablearen sekzioa intentsitate onargarrietan lortuko da.

Korrante zuzeneko tartean, eguzki-paneletatik inbertsorera, kableatua mistoa izango da. Kableatuaren lehenengo tarte, egurats zabaleko tarte, isolamendu geruza batez estalita egongo da, baina ez da hodi batez babestuta egongo. B1 motako sistema izango da (ITC-BT 26, 7.1. puntua eta ITC-BT 30, 2.1.2. puntua betetzen dira). Bigarren tarte, estalitako tarte, lehenengo tartearen kableatu mota berdina izango da, baina hodi batez babestuta egongo da, baita B1 motako sistema izango da (ITC-BT 26, 7.1. puntua betetzen da). Beraz, kalkuluak egiterako orduan, egurats zabaleko tarte eta estalitako tarte desberdinduko dira.

Egurats zabaleko tartean erabiliko diren zuzenketa-koefizienteak honako hauek izango dira:

- Eguzki-ekintza zuzenaren bidez (UNE 20435, 3.1.2.1.4. puntua): 0,9.
- 50 °C-eko tenperaturagatik egurats zabalean (UNE-HD 60364-5-52, B.52.14. taula): 0,9.
- Paraleloan 8 eguzki-panel multzo (UNE-HD 60364-5-52, B.52.3. taula): 0,516 (interpolazioa eginez).

- Eguzki-instalazio fotovoltaikoa (IEC 62548): 1,4.

Intentsitatea % 40 handitzen da (eguzki-instalazio fotovoltaikoa delako), eta gainerako zuzenketa-faktoreak aplikatzen dira egurats zabaleko intentsitate onargarria lortzeko:

$$I'_{DC\_egurats\ zabal} = \frac{11,36 \cdot 1,4}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,51\hat{6}} = 38\ A \quad (111)$$

Prozesu berdina egiten da estalitako tartearekin, zuzenketa faktoreak honako hauek izanik:

- Paraleloan 8 eguzki-panel multzo (UNE-HD 60364-5-52, B.52.3. taula): 0,51 $\hat{6}$  (interpolazioa eginez).
- Eguzki-instalazio fotovoltaikoa (IEC 62548): 1,4.

Orduan, estalitako tartearen intentsitate onargarria:

$$I'_{DC\_estalita} = \frac{11,36 \cdot 1,4}{0,51\hat{6}} = 30,78\ A \quad (112)$$

Emaiza hauekin, UNE-HD 60364-5-52 C.52.1.bis. taulan, egurats zabaleko tartearen eta estalitako tartearen sekzio minimoak lortu daitezke. Bi kasuetan, intentsitate onargarriaren irizpidearen arabera, erabili beharreko gutxieneko sekzioa 6 mm<sup>2</sup> izango litzateke. Izan ere, taula horretako 10b zutabea 49 A-tarako sekzioa aukeratu da eta ez 38 A-tarako. Hala ere, 49 A-tarako sekzioa aukeratu izanak, instalazioaren gehieneko intentsitatearen eta kablearen intentsitate onargarriaren arteko babesa bermatu egiten du.

Bestaldetik, eguzki-instalazio fotovoltaikoaren eta banaketa publikoko sarerako interkonexio-puntuaren arteko tentsio-erorketa ez da % 1,5 baino handiagoa izan behar. Beraz, korrante zuzeneko kableatuaren tentsio erorketa maximoa kontuan hartuz, kablearen sekzioa:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta U} \quad (113)$$

Non:

- L: kablearen luzera (m).
- I: potentzia maximoko korrontea (A).
- $\gamma$ : kobrearen eroankortasuna ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ).
- $\Delta U$ : tentsio erorketa maximoa (V).

Eguzki-panelaren potentzia maximoko tentsioa 41,52 V direla jakinda eta paralelo multzo bakoitzean 16 eguzki-panel daudela jakinda, korronte zuzenean tentsio erorketa maximoa determinatu daiteke:

$$\Delta U = \frac{1,5}{100} \cdot 16 \cdot 41,52 = 9,96 \text{ V} \quad (114)$$

Kableak egingo duen distantziarik luzeena 200 m-koa izango dela suposatuko da. Distantzia horrek inbertsoretik urrunen dagoen modulu fotovoltaikoa konektatzea ahalbidetzen du. Hortaz, eguzki-panelaren potentzia maximoko korrontea 10,84 A dela jakinda eta kobrearen eroankortasuna 45,5  $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  izanda, kablearen sekzioa:

$$S = \frac{2 \cdot 200 \cdot 10,84}{45,5 \cdot 9,96} = 9,56 \text{ mm}^2 \quad (115)$$

Orduan, korronte zuzeneko kableatuaren gutxieneko sekzioa 9,56  $\text{mm}^2$ -koa izango da eta ez 6  $\text{mm}^2$ -koa; tentsio erorketaren ondorioz zehaztutako sekzioa egoerarik mugatzaileena da. Horrela izanda, panelen eta inbertsorearen arteko konexiorako erabili beharreko kablea PRYSUN motako 1  $\times$  10  $\text{mm}^2$ -koa izango da.

**15. Taula. PRYSUN kablearen datu teknikoak.**

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm²	DIÁMETRO MAXIMO DEL CONDUCTOR mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE (VALOR MAXIMO) mm	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A 20 °C Ω/km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE. T AMBIENTE 60 °C y T CONDUCTOR 120 °C (3)	CAIDA DE TENSIÓN V/(A·km) (2)
1 x 1,5	1,8	4,5	31	13,3	24	30	30,48
1 x 2,5	2,4	5	43	7,98	34	41	18,31
1 x 4	3	6,6	61	4,95	46	55	11,45
1 x 6	3,9	7,4	80	3,30	59	70	7,75
1 x 10	5,1	8,8	124	1,91	82	98	4,60
1 x 16	6,3	10,1	186	1,21	110	132	2,89
1 x 25	7,8	12,5	286	0,780	140	176	1,83
1 x 35	9,2	11,3	374	0,554	182	218	1,32
1 x 50	11	12,8	508	0,386	220	276	0,98
1 x 70	13,1	15,6	709	0,272	282	347	0,68
1 x 95	15,1	16,4	900	0,206	343	416	0,48
1 x 120	17	18,6	1153	0,161	397	488	0,39
1 x 150	19	20,4	1452	0,129	458	566	0,31
1 x 185	21	22,4	1713	0,106	523	644	0,25
1 x 240	24	24,0	2245	0,0801	617	775	0,20

Kasu honetan, ez da determinatuko zirkuitu-laburrak suposatuko zukeen sekzioaren kalkulua. Kalkulu hori inplizituki intentsitate onargarriaren irizpidean egin da, eguzki-panelaren zirkuitu-laburreko korrantea datua izan delako sekzioa kalkulatzeko.

#### 8.4.2. Korrante alternoko kableatuaren kalkulua

Korrante alternoko tarterako, Afumex Class 1000 V (AS) kablea aukeratzen da, non hormetan zehar gratatuta egongo den eta hodi batez babestuta egonik. Kableatu honen instalazioa B2 motakoa izango da hodi barruan eroale anitz baitaude.

**16. Taula. Riello Sirio inbertsorearen irteerako ezaugarriak.**

Output (Grid)	
Rated AC Active Power	50,000W
Max. AC Apparent Power	55,000VA
Max. AC Active Power (PF=1)	55,000W
Max. AC Output Current	3*76 A
Rated AC Voltage	380V/400V,3W+N+PE
AC Voltage Range*	277V-520V
Rated Grid Frequency	50Hz/60Hz
Grid Frequency Range**	45Hz-55Hz/55Hz-65Hz
THDI	<3% ( Rated Power )
DC Current Injection	<0.5%In
Power Factor	> 0.99 Rated power (Adjustable 0.8 Leading - 0.8Lagging)

Inbertsorearen irteerako korrante maximoa linea bakoitzeko 76 A-koa denez eta kasu honetan, 1,25 koefizientea bakarrik baino ez denez aplikatzen IEC 62548 normaren arabera, korrante alternoko intentsitate onargarria:

$$I'_{AC} = 76 \cdot 1,25 = 95 \text{ A} \quad (116)$$

UNE-HD 60364-5-52 C.52.1.bis. taulan, intentsitate onargarriaren irizpidearen arabera, erabili beharreko gutxieneko sekzioa  $25 \text{ mm}^2$  izango litzateke. Taula horretako 8b zutabeen 100 A-tarako sekzioa aukeratu da, aurreko sekzioa 77 A-ko korranteetarako delako.

Sekzioaren formula korrante zuzenekoaren ia berdina da. Aldaketa bakarra potentzia-faktorea izango litzateke, azpialat honetan kableatuaren sekzioa korrante alfernoan kalkulatzan ari delako.

Korrante zuzenean bezala, eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren eta banaketa publikoko sarerako interkonexio-puntuaren arteko tentsio-erorketa ez da % 2 baino handiagoa izan behar. Beraz, lineako tentsioa 230 V denez, korrante alfernoan tentsio erorketa maximoa determinatu daiteke:

$$\Delta U = \frac{2}{100} \cdot 230 = 4,6 \text{ V} \quad (117)$$

Inbertsoretik babes-koadrora dagoen distantzia maximoa 10 m-koa dela suposatuko da. Gainera, potentzia faktorea 0,8 izango da, inbertsorearen irteerako ezaugarrietan adien den moduan. Orduan, irteerako korrante maximoa 76 A denez, korrante alfernoko tartean kablearen sekzio minimoa tentsio-erorketak egotekotan:

$$S = \frac{2 \cdot 10 \cdot 76 \cdot 0,8}{45,5 \cdot 4,6} = 5,81 \text{ mm}^2 \quad (118)$$

Hortaz, korrante alfernoko kableatuaren gutxieneko sekzioa  $25 \text{ mm}^2$ -koa izango da eta ez  $5,81 \text{ mm}^2$ -koa; intentsitatearen irizpidearen arabera zehaztutako sekzioa egoerarik mugatzaileena da. Horrela izanda, panelen eta inbertsorearen arteko konexiorako erabili beharreko kablea Afumex Class 1000 V (AS) motako  $1 \times 25 \text{ mm}^2$ -koa izango da.

**17. Taula. Afumex Class 1000 V (AS) kablearen datu teknikoak.**

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm <sup>2</sup>	ESPESOR DE AISLAMIENTO mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR mm (1)	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR a 20 °C Ω /km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE ENTERRADO (3) A	CAÍDA DE TENSIÓN V/A km (2)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	7	67	13,3	21	21	26,5	21,36
1 x 2,5	0,7	7,5	79	7,98	30	27	15,92	12,88
1 x 4	0,7	8	97	4,95	40	35	9,96	8,1
1 x 6	0,7	8,5	120	3,3	52	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	9,6	167	1,91	72	58	4	3,31
1 x 16	0,7	10,6	226	1,21	97	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	12,3	321	0,78	122	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	13,8	421	0,55	153	117	1,15	1,01
1 x 50	1	15,4	579	0,38	188	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	17,3	780	0,27	243	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	19,2	995	0,20	298	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	21,3	1240	0,16	350	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	23,4	1529	0,12	401	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	25,6	1826	0,10	460	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	28,6	2383	0,08	545	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	31,3	2942	0,06	630	380	0,14	0,19
1 x 400	2	36	3921	0,05		446	0,11	0,17

Kablearen sekzio minimoa determinatu ondoren, gutxieneko zirkuitu-laburrak sekzio hori onartuko duen konprobatuko da. Ondoko formulak, zirkuitu-laburraren balio minimoa kalkulatzeko aukera ematen du:

$$I_{sc\_min} = \frac{0,8 \cdot U}{Z_{max}} \quad (119)$$

Non:

- U: lineako tentsioa (V).
- Z<sub>max</sub>: kablearen inpedantzia maximoa (Ω).

Korronte alternoko tarterako kontuan hartu beharreko balioa, babes-koadroaren aurretik babesak behar duen gutxieneko zirkuitu-laburra izango da, zirkuitu-laburra inbertsorearen irteeran gertatzen dela kontuan hartuta.

Kobrearen erresistibitatea 150 °C-eko tenperaturan kalkulatu da, zirkuitu-laburreko zenbatetsitako tenperatura delako. Beraz, kobrearen erresistibitatea beroan honako formula honen bidez adierazi daiteke:

$$\rho_{Cu\_T} = \rho_{Cu\_20\text{ °C}} \cdot [1 + \alpha_{Cu} \cdot (T - 20)] \quad (120)$$

Non:

- $\rho_{Cu\_20\text{ }^{\circ}\text{C}}$ : kobrearen erresistibitatea 20 °C-etan ( $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ).
- $\alpha_{Cu}$ : erresistentziaren temperatura aldakuntza 20 °C-etan ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

Kobrearen erresistibitatea 20 °C-etan  $1/58\ \Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ enez eta erresistentziaren temperatura aldakuntza 20 °C-etan  $0,00393\ ^{\circ}\text{C}^{-1}$ enez, kobrearen erresistibitatea 150 °C-etan:

$$\rho_{Cu\_150\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{58} \cdot [1 + 0,00393 \cdot (150 - 20)] = 0,02605 \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega}{\text{m}} \quad (121)$$

Kablearen sekzioa txikiaenez, kablearen erresistentzia soilik hartuko da kontuan. Hortaz, erreaktantzia kapazitiboa nulua izango da, karga erresistibo hutsa izanik:

$$Z \approx R = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad (122)$$

Orduan, kablearen erresistibitatea zirkuitu-laburrean  $0,02605\ \Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$  dela jakinda, eta kablea 10 m eta 25  $\text{mm}^2$ -ko 3 eroalez osatuta egonik, haren inpedantzia maximoa:

$$Z_{max} \approx R = \frac{0,02605 \cdot 10 \cdot 3}{25} = 0,03126\ \Omega \quad (123)$$

Eta zirkuitu-laburreko korrante minimoa:

$$I_{sc\_min} = \frac{0,8 \cdot 230}{0,03126} = 5.886,11\ \text{A} \quad (124)$$

Horrela izanda, C kurbadun magnetotermikoetan, desarra magnetikoa intentsitate izendatua baino 10 aldiz handiagoa denean gertatzen da [78]. Kasu honetan, intentsitate onargarriaren irizpidearen arabera, korrante alternoko intentsitate onargarria 100 A-koa da. Beraz, desarra ziurtatzen duen gutxieneko korrantea 1.000 A-koa da, 5.886,11 A baino txikiagoa, 25  $\text{mm}^2$ -ko sekzioa baliozkoa izanik zirkuitu-laburraren irizpidearen arabera.



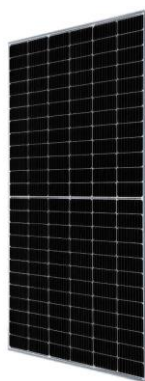
## 8.5. Soluzioaren diseinu orokorra

Azpiatal honetan, Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren diseinu orokorra aurkeztuko da, instalazioa osatuko duten osagaien ezaugarriak garrantzitsuenak aztertuz.

Hasteko, Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaiakoa autokontsumora bideratuta egongo da, urteko zenbait egunetan soberakinak edukiz. Energiaren soberakinak asteburuetan eta jaiegunetan emango dira, hala nola energiaren kontsumoa oso urria denean. Gainera, 112 eguzki-panel dituen eguzki-instalazio fotovoltaiak, gehienetan ez du kirolguneko kontsumoa asetuko. Beraz, urtean zehar kontsumoa irregularra denez, hau da, astean zehar asko kontsumitzetik, ateburura edo jaiegunetara gutxi kontsumitzera pasatzen denez, konpentsaziorik gabeko autokontsumoa hautatzen da [79]. Izan ere, konpentsazio bidezko instalazioetan ez bezala, konpentsaziorik gabeko instalazioan ez da izapiderik egin behar, sarera isuritako soberakinak salduz. Azken hau, ez da nahastu behar konpentsazio bidezko soberakinei esker faktura elektrikoan lortzen den deskontuarekin.

### 8.5.1. Eguzki-panel fotovoltaiakoa

Eguzki-panel fotovoltaiakoa eguzki-energia elektrizitate bihurtzeaz arduratuko da. JA Solar 450 W 24 V Monocristalino PERC eguzki-panelak baldintzarik hoberenetan, hau da, STC baldintzetan, 450 W sortuko lituzke MPPeak, 41,52 V eta 10,84 A direnean. Aldiz, NOCT baldintzetan, eguzki-panelak 351,70 W sortuko lituzke MPPeak, 36,975 V eta 9,512 A direnean. Gainera, udan eta neguan eguzki panelaren funtzionamendua guztiz desberdina dela frogatu izan da. Izan ere, aukeratutako eguzki-panelak udan 425,33 W sortuko lituzke MPPeak, 35,69 V eta 11,92A direnean; eta neguan 89,87 W sortuko lituzke MPPeak, 52,11 V eta 1,72 direnean.



**36. Irudia.** JA Solar 450 W 24 V Monocristalino PERC eguzki-panela.

### **8.5.2. Inbertsorea**

Eguzki-panelek sortutako korrante zuzena korrante alerno bihurtzeaz arduratuko da. Aukeratutako inbertsoreak, hau da, 50 kW Riello Sirio TL 50 sare trifasikoko inbertsoreak, 4 MPPT integraturik dauzka, eguzki-panelek MPPan lan egiteko eta korrante zuzeneko tentsio murrizteko. Gainera, inbertsorearen sarrerako parametroen artean garrantzitsuenak 1100 V-eko sarrerako tentsio maximoa eta 250 V-eko hasierako sarrerako tentsioa dira. Baita 110 A-ko sarrerako korrante maximoa eta 140 A-ko zirkuitu-laburreko korrantea aipatzeko parametroak dira ere. Inbertsoreari esker eguzki-panelen serie-paralelo konexioak determinatu daitezke.



**37. Irudia.** 50 kW Riello Sirio TL 50 sare trifasikoko inbertsorea.

### **8.5.3. Kableatua**

Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren kableatuari dagokionez, korrante zuzeneko kableatua eta korrante alerno kableatua aztertu izan dira. Korrante zuzenerako,  $1 \times 10 \text{ mm}^2$  PRYSUN H1Z2Z2-K kablea aukeratu izanak, inbertsorearen sarrera 38 A-ko intentsitate onargarriaren irizpidearen korranteetatik babestea lortzen du [80, 81]. Baita

inbertsorearen sarrera 9,96 V-eko tentsio erorketa maximotik babestea ahalbidetzen du PRYSUN kableak. Hortaz, bi kable aukeratuko dira, bata positiboa (gorria) eta bestea negatiboa (beltza)



**38. Irudia. PRYSUN H1Z2Z2-K kablea.**

Korrante alferno trifasikorako,  $1 \times 25 \text{ mm}^2$  Afumex Class 1000 V (AS) kableak, inbertsorearen irteera 95 A-ko intentsitate onargarriaren irizpidearen korranteetatik babestea lortzen du [82]. Gainera, Afumex Class 1000 V (AS) kableak inbertsorearen irteera 4,6 V-eko tentsio erorketa maximotik babestea ahalbidetzen du. Baita 5.886,11 A zirkuitu-laburreko irizpidearen gutxieneko korrantea eutsi diezaioke. Kasu honetan, 4 kable beharko dira, 3 kable fase bakoitzeko eta bestea neutrorako.



**39. Irudia. Afumex Class 1000 V (AS) kablea.**

Eguzki-instalazio fotovoltaiakoan erabiliko den beste kable mota bat datu kablea edo komunikazio kablea izango da. Kable honen eginkizuna eguzki-instalazio fotovoltaiakoak sortzen duen energia kantitatea kontadoretik inbertsorera garraiatzea izango da. Horrela, inbertsoreak sortzen duen wifi-eremuari esker erabiltzaileak momentuoro zenbat energia sortzen duen jakin dezake Riello Solar Touch aplikazioarekin. Hortaz, Procab BTC50U/1 datu kablea aukeratzen da [83].



**40. Irudia. Procab BTC50U/1 datu kablea.**

#### 8.5.4. Euskarri egitura

Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren 112 eguzki-panelak eusteko egiturak dira. Eguzki-panelak paraleloan konektatuta dauden 7 multzoz osatuta egongo dira, non multzo bakoitza seriean konektatutako 16 eguzki-panel izango ditu. Alde batetik, frontoiko eta padel pistako aldagelen eremuan 80 eguzki-panel konektatuko dira, horietako 63 eguzki-panel frontoiaren fatxadan eta beste 17ak padel pistako aldagelen teilatuan. Bestaldetik, futbol-zelaiko aldagelen eremuan 32 eguzki panel konektatuko dira, hauek horizontalki kokatuko dira. Aurreko bi eremuetan, eguzki-panelen posizionamendua eta kokapena desberdinak denez, euskarri egiturak indibidualak izango dira, hau da, euskarri egitura bakoitzari 72 zelulako eguzki-panel bat egokituko zaio.

Padel pistako teilatuan erabiliko diren euskarri egiturak eguzki-panelak ezartzen diren gainazalarekiko  $15^{\circ}$  eta  $30^{\circ}$ -ko inklinazioa izateko egokitu daitezke [84].



41. Irudia. Euskarri egitura.

Frontoiko fatxadan erabiliko diren euskarri egiturak eguzki-panelak ezartzen diren zoruaren plano horizontalarekiko  $30^{\circ}$  eta  $35^{\circ}$ -ko inklinazioa izateko egokitu daitezke [85].



42. Irudia. Fatxadarako euskarri egitura.

Futbol-zelaiko aldagelen teilatuan erabiliko diren euskarri egitura horizontalak eguzki-panelak ezartzen diren gainazalarekiko  $15^\circ$  eta  $30^\circ$ -ko inklinazioa izateko egokitu daitezke [86].



**43. Irudia.** Euskarri egitura horizontala.

#### 8.5.5. Fusiblea

Fusiblea segurtasun osagai bat da, bere eginkizun nagusia intentsitatea etetea izanik. Fusibleek, inbertsorea babestea lortzen dute gainkorronte baten aurrean, inbertsorearen sarrerek jasan dezaketen intentsitate maximoa gainditzen dutenean hala nola. Inbertsorearen sarrerek jasan dezaketen korrante maximoak 11 A-koak izan daitezke, hau da, fusibleek jasan beharko duten korrante minimoa. Kontuan izan beharra dago, seriean konektatutako multzo bakoitzetik kable positibo eta kable negatibo bat irtengo dela, kable bakoitzari fusible bat egokituz. Beraz, 12 A ko 14 fusible zilindriko aukeratzen dira,  $14\text{ mm} \times 51\text{ mm}$ -ko dimentsioak dituztenak [87].



**44. Irudia.** 12 A-ko fusible zilindrikoa.

Gainera, fusible bakoitzari fusible euskarri bana egokituko zaio, non  $14\text{ mm} \times 51\text{ mm}$  dimentsioak izango dituen [88].



45. Irudia. Fusible euskarria.

#### 8.5.6. Etengailu magnetotermikoa

Babes elementu honen eginkizuna fusiblearen antzekoa da, gainkargak edo zirkuitu-laburretatik zirkuitua babestea. Inbertsorearen irteerako korronte maximoa linea bakoitzeko 76 A-koa denez, magnetotermikoaren korronte izendatua berdina edo handiagoa izan behar da. Orduan, C120N 4P 80 A-ko C kurbadun A9N18372 Schneider etengailu magnetotermikoa aukeratzen da [89].



46. Irudia. 80 A-ko C kurbadun Schneider etengailu magnetotermikoa.

#### 8.5.7. Etengailu diferentziala

Etengailu diferentzialak sartzen den korrontearen eta irteten den korrontea neurtzen du [90]. Etengailu diferentzialak desarra egin ez dezan, etengailuan sartzen den korrontea eta irteten den korrontea berdina izan behar du. Bestela, instalazio elektrikoan intentsitatea galtzen ari dela esan nahi du. Intentsitatea galtzekotan, ihes-korronte bezala ezagutzen dena, etengailu diferentzialak korrontea eteten du, ihesa lur-

konexiora desbideratuz. Horrela izanda, IID 4P 80 A-ko eta 300 mA-ko korrante minimoa behar duen Schneider etengailu diferentziala aukeratzen da [91].



**47. Irudia.** 80 A-ko Schneider etengailu diferentziala.

#### **8.5.8. Noranzko biko kontadorea**

Noranzko biko kontadorea bi noranzkoetan isurtzen den energia kontabilizatzen duen gailua da [92]. Energia sare elektrikotik erabiltzailera kontabilizatzen du, baita erabiltzaileak sarean isurtzen duen energia ere. Kontagailua koadro orokorrera hiru faseekin eta neutroarekin konektatuta egongo da, saretik erabiltzailera energia kontabilizatzeko. Aldiz, inbertsorearekin datu kable batekin egongo da konektatuta, sarera isurtzen den energia kontabilizatzeko. Horretarako, 125 A-ko Schneider noranzko biko kontadorea aukeratzen da [93].



**48. Irudia.** 125 A-ko Schneider noranzko biko kontadorea.

## 9. Analisi ekonomikoa

---

Proiektuaren atal honetan eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren aspektu ekonomikoak aztertuko dira. Alde batetik, eguzki-instalazioaren aurrekontua garatuko da, non proiektuak kostatuko duen prezio totala definituko den. Bestaldetik, datu errealak kontuan hartuz, faktura elektrikoaren eredu bat planteatuko da, urtero ordaindu behar diren zerbitzu eta tasa guztiak adieraziz. Horrela, errentagarritasunaren analisia garatuko da, proiektua errentagarria den ala ez adieraziko duen azpiatala.

### 9.1. Aurrekontua

Portugaletoko Los Llanos kirolguneko aurrekontua egiteko, bi aurrekontu garatuko dira: proiektuaren dokumentazioa egitearen aurrekontua eta eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren aurrekontua. Ondoren, aurreko bi aurrekontuak batuko dira eta proiektuaren aurrekontu osoa zehaztuko da. Gainera, aurrekontu bakoitza aztertzerako orduan, materialen kostua eta giza baliabideen kostua aztertuko da. Alde batetik, materialaren kostua, proiektua aurrera eraman ahal izateko beharko den, tresna, ekipo, software eta abar izango da. Bestetik, giza baliabideen kostua, proiektuan parte hartuko duen edozein pertsona bere lana era egoki eta duin batean garatzeko soldata izango da. Aurrekontu bakoitzaren barruan, unitate kopurua, erabilitako orduak, prezioa orduko edo unitateko, eta kostu totala, BEZa kontuan hartu gabe, zehaztuko da. Aipatu beharra dago Portugaletoko Parke Mugikorrak eguzki-instalazioaren mantentze- eta garbiketalanetaz arduratuko dela. Horrela, ez dira kostu hauek kontuan hartuko aurrekontuan.

Lehenik eta behin, proiektuaren dokumentazioa egitearen aurrekontuan, proiektuaren dokumentazioa garatzeko behar izandako materialak eta txostenean parte hartu duten pertsona kualifikatuak adierazten dira. Prezio unitariorako 0 duten atalak software librea delako edo erabilitako materiala honezkero amortizatuta dagoelako da.



**18. Taula. Proiektuaren dokumentazioa egitearen aurrekontua.**

	IZENDAPENA	KOPURUA	PREZIO UNITARIOA	OROTARA
Materialen kostua	Ordenagailua	2	0,00 €	0,00 €
	Internet konexioa	1	31,00 €	31,00 €
	Elektrizitatea	1	50,00 €	50,00 €
	Microsoft Office 2019	2	0,00 €	0,00 €
	SketchUp 2020	1	0,00 €	0,00 €
	DWG TrueView 2021	1	0,00 €	0,00 €
	Acrobat Reader DC	2	0,00 €	0,00 €
	Skelion	2	0,00 €	0,00 €
			<b>Guztira</b>	<b>81,00 €</b>
	IZENDAPENA	ORDUAK	PREZIOA ORDUKO	OROTARA
Giza baliabideen kostua	Ingeniari juniorra	300	25,00 €	7.500,00 €
	Ingeniari seniorra	30	60,00 €	1.800,00 €
			<b>Guztira</b>	<b>9.300,00 €</b>
<b>PROIEKTUAREN DOKUMENTAZIOA EGITEAREN AURREKONTUA</b>				<b>9.381,00 €</b>

Ondoren, Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaikoari dagokion aurrekontua lantzen da. Kasu hipotetiko batean, proiektua errealitatera eramango balitz, hori aurrera eramateko beharko litzatekeen materialaren eta kontratatu beharreko langileak zehazten dira.

19. Taula. Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren aurrekontua.

	IZENDAPENA	KOPURUA	PREZIO UNITARIOA	OROTARA
Materialen kostua	JA Solar eguzki-panela	128	156,33 €	20.010,24 €
	Riello Sirio inbertsorea	1	4.000,00 €	4.000,00 €
	Euskarri egitura	17	87,27 €	1.483,59 €
	Euskarri egitura horizontala	32	75,45 €	2.414,40 €
	Fatxadarako euskarri egitura	63	115,28 €	7.262,64 €
	Korrante zuzeneko kableatu gorria	500 m	1,31 €/m	658,20 €
	Korrante zuzeneko kableatu beltza	500 m	1,31 €/m	658,20 €
	Korrante alternoko kableatua	20 m	1,41 €/m	28,28 €
	Lur-konexiorako kableatua	550 m	3,19 €/m	1.755,38 €
	Tutu uzkurtua	550 m	1,009 €/m	554,95 €
	Kanaleta	20 m	19,77 €/m	395,40 €
	Datu kablea	5 m	1,49 €/m	7,47 €
	Babes-kutxa	1	118,95 €	118,95 €
	Fusible zilindrikoa	14	0,63 €	8,85 €
	Fusible-euskarria	14	4,78 €	66,91 €
	Etengailu magnetotermikoa	1	121,88 €	121,88 €
	Etengailu diferentziala	1	106,31 €	106,31 €
	Kontadore	1	359,38 €	359,38 €

				<b>Guztira</b>	<b>40.011,03 €</b>
	<b>IZENDAPENA</b>	<b>KOPURUA</b>	<b>ORDUAK</b>	<b>PREZIOA ORDUKO</b>	<b>OROTARA</b>
<b>Giza baliabideen kostua</b>	Langileak	4	24	10,00 €	960,00 €
				<b>Guztira</b>	<b>960,00 €</b>
<b>EGUZKI-INSTALAZIO FOTOVOLTAIKOAREN AURREKONTUA</b>					<b>40.971,03</b>

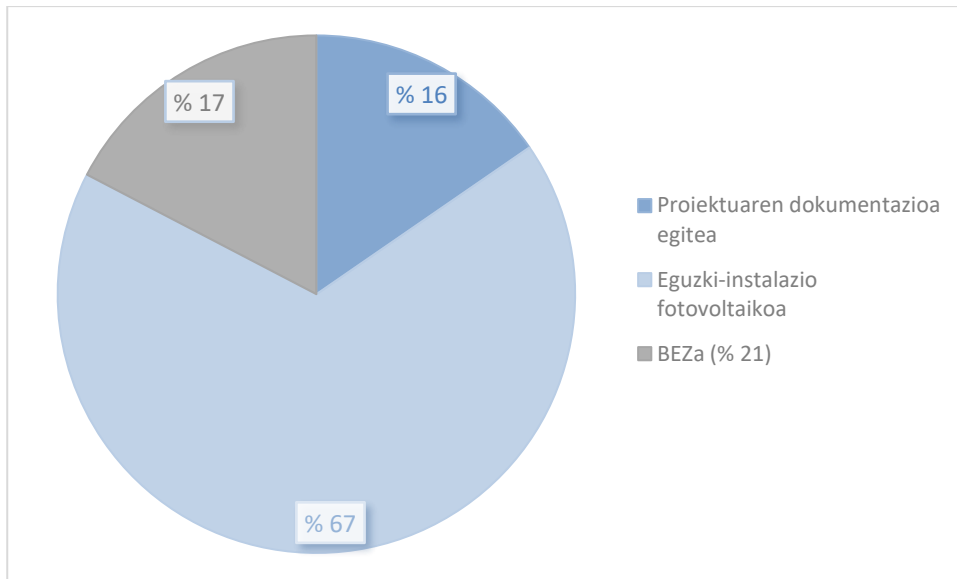
Azkenik, hurrengo taulan aurreko bi aurrekontuak batzen dira, % 21eko BEZa aplikatzen da eta aurrekontu osoa adierazten da.

**20. Taula. Aurrekontu totala.**

<b>IZENDAPENA</b>	<b>KOSTUA</b>
<b>Proiektuaren dokumentazioa egitearen aurrekontua</b>	9.381,00 €
<b>Eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren aurrekontua</b>	40.971,03 €
<b>Guztira</b>	<b>50.352,03 €</b>
<b>BEZa (% 21)</b>	<b>10.573,93 €</b>
<b>AURREKONTU OSOA</b>	<b>60.925,96 €</b>

Laburbilduz, Portugaleteko Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren aurrekontua, 46.853,20 €-koa izango da. % 21eko BEZa kontuan hartuz, **60.925,96 €** behar izango dira proiektu osoa aurrera eraman ahal izateko. Proiektuaren dokumentazioa egiteak aurrekontu totalaren % 16a suposatzen du, BEZa % 17a eta eguzki-instalazio fotovoltaiakoa % 67a.

Beraz, aurrekontu osoaren balioa **hirurogei mila, bederatziehun eta hogeita bost** eurokoa da.

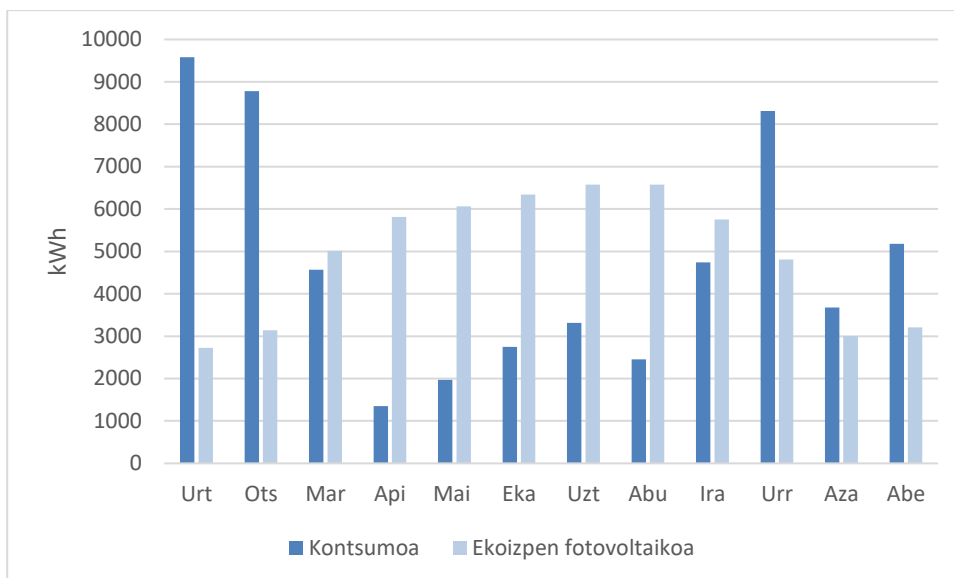


49. Irudia. Aurrekontu totalaren grafikoa.

## 9.2. Faktura elektrikoa

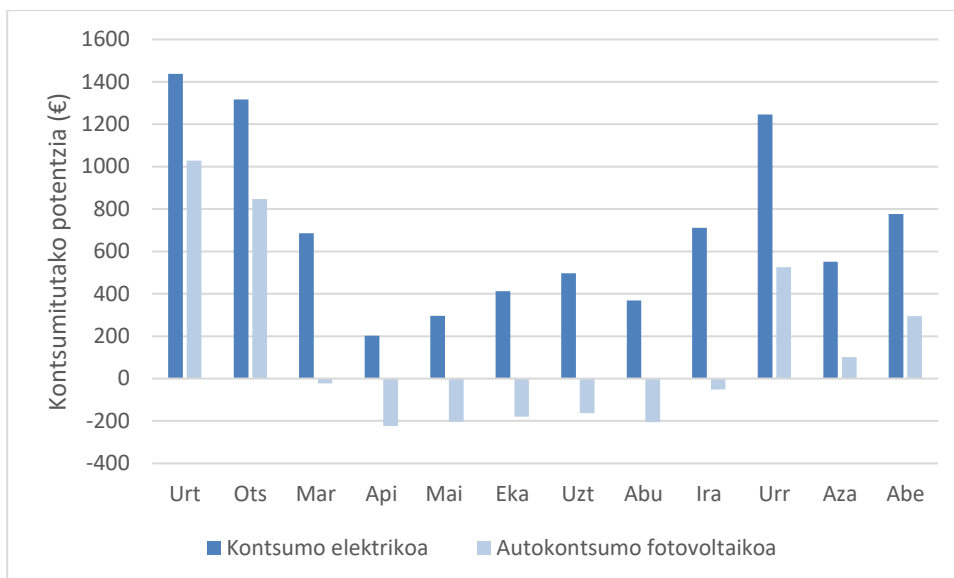
Hasteko, Portugaleteko udaletxeak emandako datuekin, Los Llanos kirolguneko urteko kontsumoa *Isolatutako eguzki-instalazioaren analisia* atalean adierazi izan da [94]. Hainbat aukera aztertu ondoren, aukerarik egokiena 112 eguzki-panel instalatzea kirolgune osoan zehar ondorioztatu da, 40,32 kW-eko potentzia sortuz osotasunean. Gainera, energiaren soberakinak asteburuetan eta jaiegunetan emango dira, hala nola energiaren kontsumoa oso urria denean.

Hurrengo grafikoan ikusten den moduan, 2020. urteko eguzki-panelek hilabeteko kontsumoarekiko sortzen duten energia adierazten da. Ohikoa den bezala, neguko kontsumoa udako hilabeteetako bainoa handiagoa da. Aldiz, energiaren sorrerari dagokionez, handiagoa da irradiazio handieneko hilabeteetan, hala nola udako hilabeteetan. Gogoratu beharra dago, martxotik aurrera COVID-19 pandemia dela eta kirolguneko zerbitzuak mugatu zirela, batez ere martxotik ekainera arteko epealdian, non kirolgunea itxita zegoen.



**50. Irudia.** 2020. urteko kontsumoa eta ekoizpen fotovoltaikoa hilabetero.

Aurrekoari gehitu behar zaio, Espainiako Sare Elektrikoak eSios sistemaren webgunean egunero argitaratzen duela soberako energiaren prezioa sarera isurtzerakoan [95]. Sistema horren webguneak egunero argitaratzen ditu 20:20ean hurrengo egunerako sarera isurtzen den soberako energiaren prezioa. 2020. urtean soberakinen batez besteko prezioa 33,78 €/MWh-koa izan zen [96]. Nahiz eta 244/2019 Errege Dekretuan autokontsumoari buruzko araudi berria onartu zenetik, konpainia elektrikoen artean, soberakinen batez besteko prezioa 0,05 €/kWh-tan finkatu izan da [97]. Bestaldetik, kontsumitutako energia 0,15 €/kWh-ko prezioan finkatzen da. Hortaz, hurrengo grafikoan 2020. urtean kontsumo elektrikoan ordaindu zenaren eta autokontsumorako eguzki-instalazio fotovoltaikoari esker ordaindu beharko zenaren arteko konparaketa adierazten da.



**51. Irudia. 2020. urteko kontsumo elektrikoa eta autokontsumo fotovoltaikoa.**

Ikusten den moduan, martxotik irailera arteko hilabeteetan, kontsumoari dagokionez, ez litzateke ezer ordaindu behar. Izan ere, soberakinak salduz gero 1.039,33 € lortuko lirateke, urtean zehar 2.796,81 € ordainduz.

Bestetik, kontuan izan beharra dago, Los Llanos kirolguneak 189 kW-ko potentzia duela kontratatuta, kontratatutako potentzia 0,13 €/kW eguneko prezioan finkatuz. Beraz, urtebetean ordaindu beharreko zerbitzu elektrikoak adierazten dira (ikus 21. taula), zergak kontuan hartu gabe.

**21. Taula. Energiaren fakturazioa.**

IZENDAPENA	PREZIOA	OROTARA
Kontratatutako potentzia	0,13 €/kW eguneko	8.968,05 €
Kontsumitutako potentzia	0,15 €/kWh	2.796,81 €
	<b>GUZTIRA</b>	<b>11.764,86 €</b>

Eguzki-instalazio fotovoltaikoak ekoiztutako energia adierazten duen kontadore bat edukitzeaz aparte, kirolgunearen kontsumo osoa kontabilizatzen duen beste kontadore bat behar da. Horretarako, konpainia elektrikoari kontadore bat alokatu behar zaio, non 0,24 €/eguneko balio dituen. Kasu honetan, Los Llanoseko kirolgunean 2020. urteko lehenengo 143 egunetan, hau da, maiatzaren 22ra arte, 0,44 €/eguneko kontagailu bat

alokatu zen. Hortik aurrera, urteko gainerako 223 egunetan, 0,24 €/eguneko balio zuen kontagailu bat erabili zen. Normalean, kontagailuen alokairua faktura elektrikoaren “zerbitzuak eta bestelakoak” deritzon azpiatalean egon ohi dira, hurrengo taulan adierazten den moduan.

**22. Taula. Zerbitzuak eta bestelakoak.**

IZENDAPENA	PREZIOA	OROTARA
Neurketa ekipoen alokairua	0,44 €/eguneko	62,45 €
Neurketa ekipoen alokairua	0,24 €/eguneko	53,67 €
	<b>GUZTIRA</b>	<b>116,12 €</b>

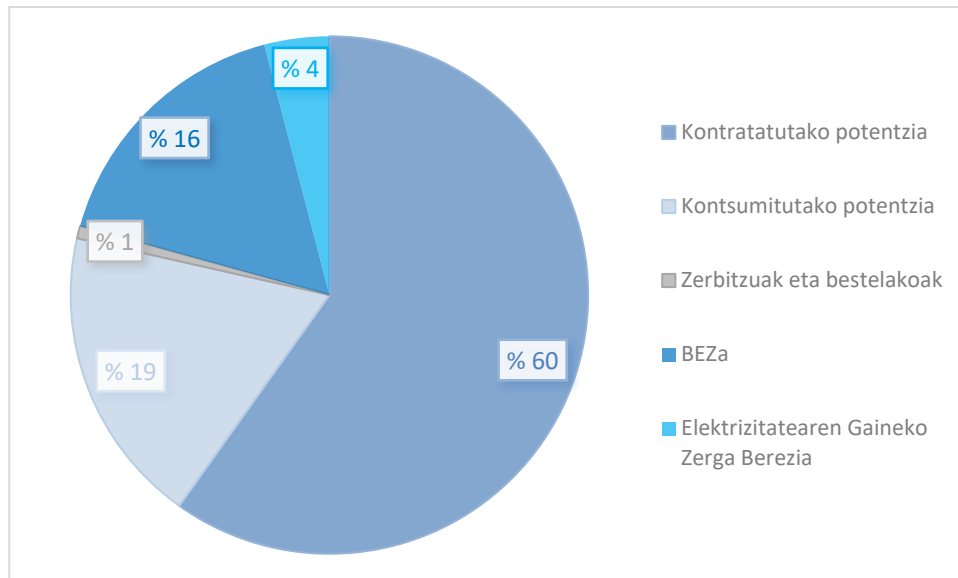
Horrela izanda, BEZa % 21 dela jakinda eta Elektrizitatearen Gaineko Zerga Berezia % 5,11 dela kontuan hartuta, faktura elektrikoan urtebetean ordaindu beharreko zenbateko guztia adierazten da (ikus 23. taula). Gogoratu, soberakinen salmentari esker lortutako irabaziak ez direla faktura elektrikoan deskontatzen, aukeraturako instalazio mota konpentsaziorik gabekoa delako.

**23. Taula. Faktura elektrikoa.**

IZENDAPENA	OROTARA
Energiaren fakturazioa	11.764,86 €
Zerbitzuak eta bestelakoak	116,12 €
<b>Zenbateko guztia</b>	<b>11.880,98 €</b>
<b>BEZa (% 21)</b>	<b>2.495,01 €</b>
<b>Elektrizitatearen Gaineko Zerga Berezia (% 5,11)</b>	<b>607,12 €</b>
<b>FAKTURAREN ZENBATEKO GUZTIA</b>	<b>14.983,11 €</b>

Ikusten den moduan, 14.983,11 € kostatuko luke urtero elektrizitatearen faktura elektrikoa ordaintzea. Izatez, fakturaren % 60 kontratatuko potentzia izango da, % 19 kontsumitutako potentzia, % 16 BEZa, % 4 Elektrizitatearen Gaineko Zerga Berezia eta % 1 zerbitzuak eta bestelakoak. Beste kasuan, prozesu berdina jarraituz baina eguzki-

panelik ez egotekotan, faktura elektrikoan 22.177,39 € ordaindu beharko litzateke. Hau da, soberakinak dituen konpentsaziorik gabeko autokontsumorako eguzki-instalazioa egitekoan, 7.194,29 € inguruko aurrezkia lortuko litzateke urtero.



52. Irudia. Faktura elektrikoaren grafikoa.

### 9.3. Errentagarritasunaren analisisa

Azpiatal honetan, eguzki-instalazio fotovoltaiakoaren proposamena aztertuko da, hori egiteak suposatuko zukeen errentagarritasunaren analisisa aztertuz. Horretarako, ekonomiako BEG eta BET tresnak erabiliko dira, non proiektua bideragarria izango den ala ez adieraziko duten. Era laburrean azalduta, BEG inbertsio batek ekarriko dituen etekinen neurri absolutu bat da. Aldiz, BET inbertsio baten errentagarritasun-tasa da [98, 99].

Beraz, 2020. urtean kontsumo elektrikoan 8.501,58 € ordaindu zirela jakinda, Los Llanoseko kirolgunean eguzki-instalazio fotovoltaiakoa egin izan balitz, 6.744,10 €-ko irabaziak lortuko ziren soberakinak salduko balira. Bestaldetik, eguzki-instalazio fotovoltaiakoa egitea 60.925,96 € kostatuko luke. Gainera, araudi orokorrak dioen moduan, eguzki-panelen bizitza erabilgarria 25 urtekoa da [100]. Hala ere, mantentze egoki batekin, eguzki-panel batek hogeita hamar urte edo gehiagoz funtziona dezake. Aurkako kasuan, eguzki-panelen bizitza erabilgarria amaigabea ez dela jakinda, beste faktore batzuek eguzki-panelen bizitza erabilgarriari erasan diezaieke. Baita ere



aipatzekoa da eguzki-panel monokristalinoen zein polikristalinoen potentzia izendatua urtero % 0,5 inguru degradatzen dela, urtero sortzen duten potentzia murriztuz. Suposatuko da elektrizitatearen urteko hazkundea % 4koa izango dela, hau da, interes-tasa % 4koa izango da [101]. Aurreko guztia jakinda, BEGren formula adierazten da:

$$BEG = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (125)$$

Non:

- $I_0$  : hasierako despoltsapena edo hasierako inbertsioa.
- $n$ : periodo kopurua.
- $Q_n$ : periodo bakoitzeko kutxa-fluxua.
- $r$ : interes-tasa edo deskontu-tasa.

Orduan, BEG kalkulatzeko, zehaztutako datuak ordezkatzeko dira eta hurrengo taula eratzen da:

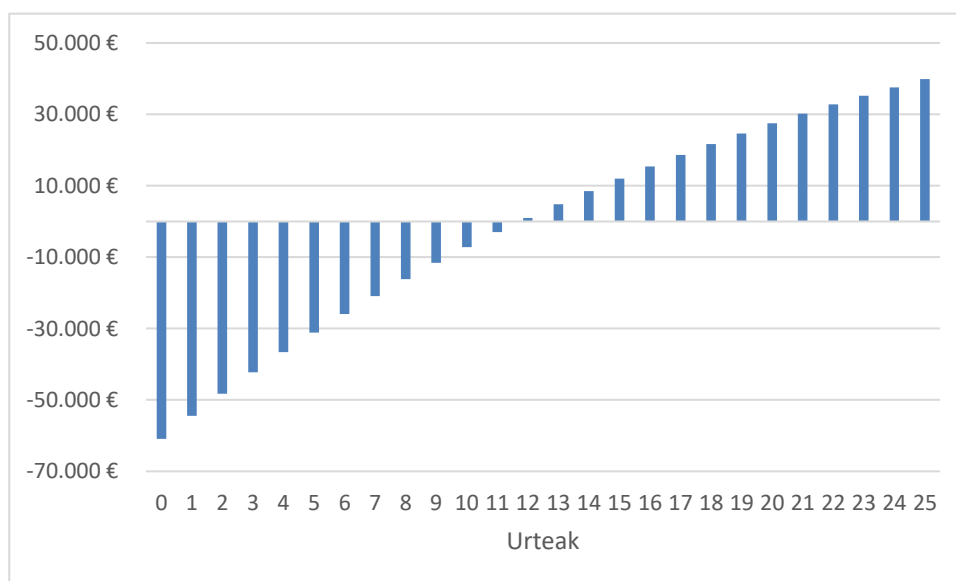
**24. Taula. Amortizazio koadroa.**

n	Hasierako inbertsioa (€)	Errendimendua (%)	Irabaziak (€)	Kutxa-fluxua (€)	Akumulatutako kutxa-fluxua (€)
0	60.925,96	-	-	-	-60.925,96
1	-	80,00	6.744,10	6.744,10	-54.441,25
2	-	79,50	6.715,17	6.715,17	-48.232,69
3	-	79,00	6.686,24	6.686,24	-42.288,65
4	-	78,50	6.657,30	6.657,30	-36.597,96
5	-	78,00	6.628,37	6.628,37	-31.149,93
6	-	77,50	6.599,44	6.599,44	-25.934,30
7	-	77,00	6.570,50	6.570,50	-20.941,25
8	-	76,50	6.541,57	6.541,57	-16.161,39
9	-	76,00	6.512,64	6.512,64	-11.585,70
10	-	75,50	6.483,70	6.483,70	-7.205,55
11	-	75,00	6.454,77	6.454,77	-3.012,65
12	-	74,50	6.425,83	6.425,83	1.000,91
13	-	74,00	6.396,90	6.396,90	4.842,72

14	-	73,50	6.367,97	6.367,97	8.520,06
15	-	73,00	6.339,03	6.339,03	12.039,90
16	-	72,50	6.310,10	6307,61	15.407,59 €
17	-	72,00	6.281,17	6275,54	18.629,29 €
18	-	71,50	6.252,23	6243,48	21.711,24 €
19	-	71,00	6.223,30	6211,41	24.659,44 €
20	-	70,50	6.194,37	6179,34	27.479,61 €
21	-	70,00	6.165,43	6147,28	30.177,24 €
22	-	69,50	6.136,50	6115,21	32.757,59 €
23	-	69,00	6.107,57	6083,14	35.225,68 €
24	-	68,50	6.078,63	6051,07	37.586,33 €
25	-	68,00	6.049,70	6019,01	39.844,16 €

Ikus daitekeen moduan, eguzki-instalazio fotovoltaikoa egitekotan, 39.844,16 €-ko etekina lortuko litzateke, hau da, BEG.

Bestaldetik, proiektuaren berreskuratze-epea 12 urtekoa izango litzateke. Izan ere, 12. urtean 1.000,31 €-ko kutxa-fluxua edukiko litzateke, 13. urterako 4.842,72 € inguruko kutxa-fluxua akumulatuz.



**53. Irudia.** Eguzki-instalazio fotovoltaikoaren akumulatutako kutxa-fluxua.

BET kalkulatzeko, BEG zerora berdindu behar da, hurrengo formularen adierazpena lortuz:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1 + BET)^n} \quad (126)$$

Non:

- $I_0$  : hasierako despoltsapena edo hasierako inbertsioa.
- $n$ : periodo kopurua.
- $Q_n$ : periodo bakoitzeko kutxa-fluxua.

Horrela izanda, kutxa-fluxuko datuak Excel batean jarritz, % 10eko BET lortzen da. Horrek esan nahi du egindako inbertsioak % 10eko errentagarritasuna suposatzen duela.

Aurreko guztia kontuan hartuz, esan daiteke proiektua egitea errentagarria dela. Izatez, BEG positiboa denez eta BET interes-tasa edo deskontu-tasa baino handiagoa denez, Portugaleteko udaletxeak proiektua aurrera eraman ahalko luke. Gainera, epe ertainean irabaziak lortzen hasten dira, 25 urte pasa ondoren 39.844,16 €-ko irabaziak edukiz soberakinak salduta. Hala eta guztiz ere, ekoizpen fotovoltaikoa kontsumoa baino handiagoa izatea ez du bermatzen irabaziak lorturiko direnik. Ikusi izan den moduan, kontsumitzen den potentziaren prezioa soberakinena baino garestiagoa da, horren ondorioz soberakin asko eduki beharko lirateke irabaziak lortzeko.

## 10. Arriskuen analisia

---

Behin proiektua gauzatuta, funtsezkoa izango da prozesu osoan zehar gerta daitezkeen arrisku nagusiak aurreikustea. Horretarako, arriskuen analisia deritzon puntu honetan, eman daitezkeen arriskuen azalpena egingo da. Azalpenarekin batera, Portugaleteko Los Llanos kirolguneko eguzki-instalazio fotovoltaikoaren kasuan, arrisku hauek gerta daitezkeen probabilitatea eta inpaktua ere aipatuko da. Azkenik, arazo hauei aurre egiteko modua adierazten duen kontingentzia-plana azalduko da.

### 10.1. Arriskuen deskribapena

Eguzki-instalazio fotovoltaikoan eman daitezkeen arriskuei 0-1 arteko probabilitate eta inpaktu balioak ezarri zaizkie [102, 103]. Horretarako, honako arrisku hauek aurki daitezke eguzki-instalazio fotovoltaiko honetan:

- Erredura termikoak: eguzki-panelak instalatzerako edo ikuskatzerako orduan, langileek erredura termikoak izan ditzakete objektu beroekin kontaktuan egoteagatik, hala nola eguzki-zelulak ukitzerakoan.
- Deskarga elektrikoak: eguzki-instalazioek elektroiak sortzen dituzte, kitzikatuta daudenean bibrazio bat sortzen dutenak. Hortaz, pertsona bat sistemara une desegokian hurbiltzen bada, arku elektrikoa osa dezake, gorputzean deskargatuko zaiona. Deskarga horrek pertsonari espasmoak, paralisia edo lesioak eragingo dizkio.
- Langileen erorketak: arrisku hau sabai edo teilatuetan lan egiten denean gertatu daiteke, batez ere babes egokirik ez dagoenean.
- Kutsadura: sistema fotovoltaikoak garbitzerako orduan, garbiketa produktuak gaizki erabiltzen direlako sortzen da kutsadura. Egia da garbiketa produktuek elementu toxiko batzuk dituztela, baina behar bezala erabiltzen badira, ez dago inolako arriskurik. Bestela, larruazalean edo gorputzeko beste atal sentikor batzuetan eragin dezake, hala nola begietan edo sudurrean.

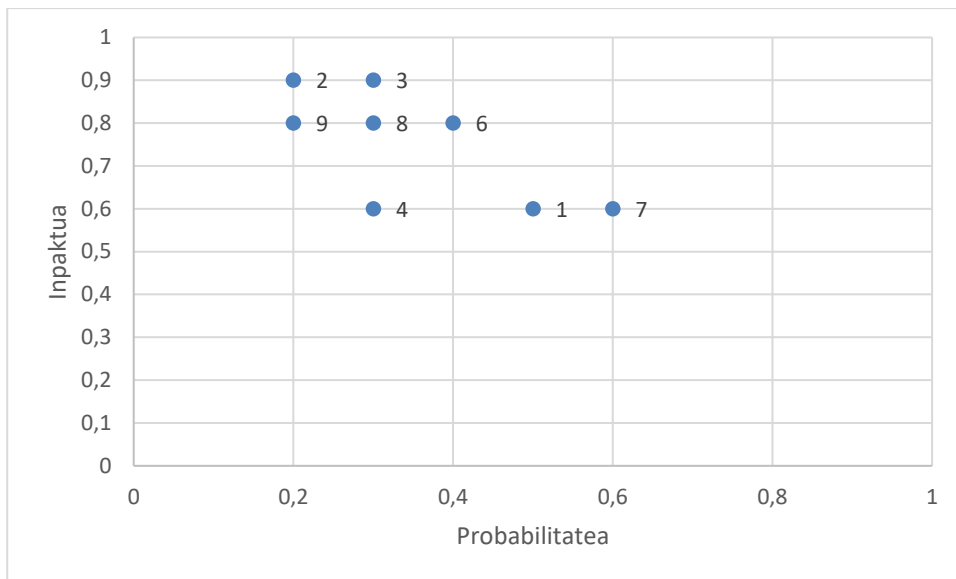
- Gehiegizko barneratzeak paretan: fatxadarako euskarri egituretan gaizki instalatutako sekzio batek, egun euritsu batean, frontoiaren barnealdean ura sartzea eragin dezake.
- Haize-boladak: eguzki-panelak euskarri egituretan ondo finkatuta ez egotekotan, haize-bolada gogorren aurrean erortzeko arriskua daukate.
- Arrisku meteorologikoak: elurteek, txingorrek eta tximistek eragin negatiboa izan dezakete eguzki-panelen funtzionamenduan.
- Arrisku elektrikoak eta sute-arriskuak: behar bezala integratzen ez diren korronteei arazo elektrikoak eta elektrokuzio-arriskuak eragin ditzakete. Ondorioz, suteak eta giza bizitzarako mehatxuak eragin ditzakete.

Horrela izanda, aurkeztu den arrisku bakoitzari zenbaki bat egokitu zaio. Hurrengo taulan proiektu honetan izango duten probabilitate eta inpaktu balioak ezarri dira:

**25. Taula. Arriskuen probabilitate eta inpaktu balioak.**

ARRISKUA	ARRISKU ZENBAKIA	PROBABILITATEA	INPAKTUA
Erredura termikoak	1	0,5	0,6
Deskarga elektrikoak	2	0,2	0,9
Langileen erorketak	3	0,3	0,9
Kutsadura	4	0,3	0,6
Gehiegizko barneratzeak sabaian	5	0,3	0,8
Haize-boladak	6	0,4	0,8
Arrisku meteorologikoak	7	0,6	0,6
Arrisku elektrikoak eta sute-arriskuak	8	0,2	0,8

Hortaz, taulan laburturiko arrisku bakoitza proiektuan izango duen eragina probabilitatearen menpe adierazten da:



**54. Irudia. Arriskuen probabilitate eta inpaktu grafikoa.**

Oro har, arrisku bakoitza gertatzeko probabilitatea baxua da, baina arrisku hauek gertatzekotan sortuko luketen inpaktua handia izango litzakete. Bestaldetik, 1. eta 7. arriskuak gertatzeko probabilitatea ertaina da, eta hauek sortuko luketen inpaktua ertaina izango litzateke.

## 10.2. Kontingentzia-plana

Aurretik aipatutako arrisku guztien eragina ahalik eta txikiena izateko, plan bat burutu beharko da. Jarraian arrisku bakoitza ekiditeko edo arriskua behin gertatuta minimizatzeko zer egin beharko litzatekeen azaltzen da.

- Erredura termikoak: eguzki-panelak manipulatzeko orduan segurtasun eskularruak jantzi beharko dira. Gainera, larruazala objektu bero batekiko kontaktua saihesteko galtza luzeak eta alkandora luzeak jantzi beharko dira.
- Deskarga elektrikoak: sistema elektrikoarekin lan egiterako orduan, beti korrante elektrikorik ez dagoela bermatuko da. Horretarako, korronterik ez dagoenean soilik egingo dira konexioak eta neurketak. Baita, segurtasun oinetakoak erabiliko dira korrontea giza gorputzean zehar ez garraiatzeko, hau da, elektrizitatearen isolatzaile gisa funtzionatu behar dute.
- Langileen erorketak: sabaiko eguzki-panelak eta euskarri egiturak instalatzerako orduan, langileek erorketak saihesteko sistemak eraman beharko dituzte.

Uneoro, eguzki-panelen instalazioa hasten denetik bukatzen denera arte kaskoa eramatea beharrezkoa izango da.

- Kutsadura: musukoak beharrezkoak izango dira hautsa, ke edo aerosol partikula asko daudenean, gas edo lurrun moduan, birrikak kaltetu ditzaketenak. Ikusmena kaltetua ez izateko babes betaurrekoak erabiliko dira.
- Gehiegizko barneratzeak paretan: ezinbestekoa da fatxadarako euskarri egitura jarriko den paretaren neurriak ezagutzea, hau hezetu eta hondatu ez dadin. Kontuan izanda paretaren lodiera 30 zentimetrokoa dela, zuloen sakonera paretaren lodieraren bi heren baino txikiagoa izango da, hau da, gehienez 20 zentimetroko sakonera duten zuloak egin beharko dira.
- Haize-boladak: eguzki-panelak eta euskarri egiturak eroriko ez direla ziurtatzeko, hiruhilabetero eguzki-instalazio fotovoltaiakoan berrikuspen orokor bat egingo da. Behar izatekotan konponketaren bat egingo da, kasurik txarreanean material berriaren erosketa eginik.
- Arrisku meteorologikoak: txingorra edo elurra eguzki-paneletan akumulatzerakoan, hauen errendimendua asko jaisten da. Gainera, egun euritsu baten ondoren, ur tantak lehortzerakoan, hauts geruza moduko bat geratzen da eguzki-zeluletan. Aurreko arazoak saihesteko, hilabeteen behin eguzki-zelulen garbiketa egitea gomendatzen da.
- Arrisku elektrikoak eta sute-arriskuak: arazo hauek ekiditeko, lehen esan bezala, sistema fotovoltaiakoaren berrikuspena hiruhilabetero egingo da, sistema elektrikoaren baldintzak zeintzuk diren ikuskatzeko eta behar izatekotan konponketaren bat egiteko.



## 11. Gantt-en diagrama

---

Gantt-en diagramaren bidez proiektua aurrera eramateko egindako zereginak adieraziko dira, hauei dedikatutako denbora grafikoki adieraziz. Horren bidez, astero egin diren zeregin bakoitzaren helburuak era laburrean azalduko dira, aste bukaeran entregatu denaren azalpena azpimarratuz.

---

### 1. Zeregina

**Helburuak:** proiektuari hasiera eman memoriaren antolaketa definituz eta honen formatua aukeratuz.

**Entregatzekoa:** sarrera eta helburuak atalak, proiektuari behin-behineko titulua eta formatua egokituz.

---

### 2. Zeregina

**Helburuak:** erabilitako elementuen aukeraketa eta eguzki-sistema fotovoltaikoaren eremu geografikoa aztertu.

**Entregatzekoa:** alternatiben analisisa eta eremu geografikoaren azterlanak.

---

### 2.1. Zeregina

**Helburuak:** instalazioaren planoak eta argiaren kontsumo historikoa lortu. Alde batetik, eguzki-instalazio fotovoltaiko mota desberdinak aztertu, kasu honetarako egokiena dena aukeratuz. Bestaldetik, proiektuaren elementu garrantzitsuenak definitu eta aztertu, beraien hautaketa arrazoituz.

**Entregatzekoa:** alternatiben analisisa eta instalazioaren planoak.

---

### 2.2. Zeregina

**Helburuak:** frontoiaren eta futbol-zelaiko aldagelen eredua garatu.

**Entregatzekoa:** frontoiaren eta futbol-zelaiko aldagelen SketchUp modeloa.

---

---

### 3. Zeregina

**Helburuak:** 1. zeregineko zuzenketak egin eta memoriako azpiatalen ordena aldatu. Gero, oinarri teorikoak idatzi eta eremu geografikoaren azterlanak garatu.

**Entregatzekoa:** oinarri teorikoak eta eremu geografikoaren azterlanak.

---

### 4. Zeregina

**Helburuak:** eguzki-sistema fotovoltaikoa diseinatu eta dimentsionatu.

**Entregatzekoa:** eguzki-sistema fotovoltaikoaren diseinua eta dimentsionamendua.

---

#### 4.1. Zeregina

**Helburuak:** sistema fotovoltaikoaren dimentsionamenduarekin hasi. Isolatutako sistema-fotovoltaikoaren kalkuluak egin, kasurik txarreneko emaitzak eskuratzeko.

**Entregatzekoa:** isolatutako sistema-fotovoltaikoaren kalkuluak eta ezaugarri-orriak.

---

#### 4.2. Zeregina

**Helburuak:** sarera konektatutako eguzki-instalazio fotovoltaikoaren diseinua eta dimentsionamenduarekin hasi. Alde batetik itzalen analisia garatu. Bestaldetik, eguzki-panelek tenperaturarekiko duten jokabidea aztertzea.

**Entregatzekoa:** sarera konektatutako eguzki-instalazio fotovoltaikoaren itzalen analisia eta eguzki-panelen portaeraren azterketa.

---

---

#### 4.3. Zeregina

**Helburuak:** eguzki-panelen tenperaturarekiko udan eta neguan duten jokabidea aztertu. Gero, inbertsorearen integrazioa eguzki-sistema fotovoltaikoan aztertu. Bukatzeko, eguzki-sistema fotovoltaikoaren kableatua determinatu.

**Entregatzekoa:** eguzki-panelen portaeraren azterketa udan eta neguan, inbertsoreen integrazioa eguzki-sistema fotovoltaikoan eta eguzki-sistema fotovoltaikoaren kableatua.

---

#### 4.4. Zeregina

**Helburuak:** sarera konektatutako eguzki-instalazioan zuzenketak eta hobekuntzak egin.

**Entregatzekoa:** sarera konektatutako eguzki-instalazioaren atala zuzenduta.

---

#### 4.5. Zeregina

**Helburuak:** eguzki-instalazio fotovoltaikoaren diseinu orokorra garatu. Horrela, kalkuluen atala bukatutzat ematen da.

**Entregatzekoa:** soluzioaren diseinu orokorra.

---

#### 5. Zeregina

**Helburuak:** analisi ekonomikoa garatu.

**Entregatzekoa:** analisi ekonomikoa.

---

#### 5.1. Zeregina

**Helburuak:** eguzki-instalazio fotovoltaikoaren analisi ekonomikoarekin hasi.

**Entregatzekoa:** eguzki-instalazio fotovoltaikoaren aurrekontua.

---

---

### 5.2. Zeregina

**Helburuak:** eguzki-instalazio fotovoltaikoa egiteak suposatuko zukeen faktura elektrikoa egin. Baita, errentagarritasunaren analisiarekin jarraitu.

**Entregatzekoa:** faktura elektrikoa eta errentagarritasunaren analisia.

---

### 5.3. Zeregina

**Helburuak:** eguzki-instalazio fotovoltaikoaren analisi ekonomikoa bukatu eta errentagarritasunaren analisia zuzendu. Horretarako, errentagarritasunaren analisisan ekonomiako BEG eta BET tresnak erabili izan dira.

**Entregatzekoa:** analisi ekonomiko guztia.

---

### 6. Zeregina

**Helburuak:** eguzki-instalazio fotovoltaikoak dakartzan arriskuen probabilitatea eta hauen inpaktuaren azterketa garatu. Horrekin batera, arrisku hauek ekiditeko kontingentzia-plan bat diseinatu.

**Entregatzekoa:** arriskuen analisia kontingentzia-planarekin.

---

### 7. Zeregina

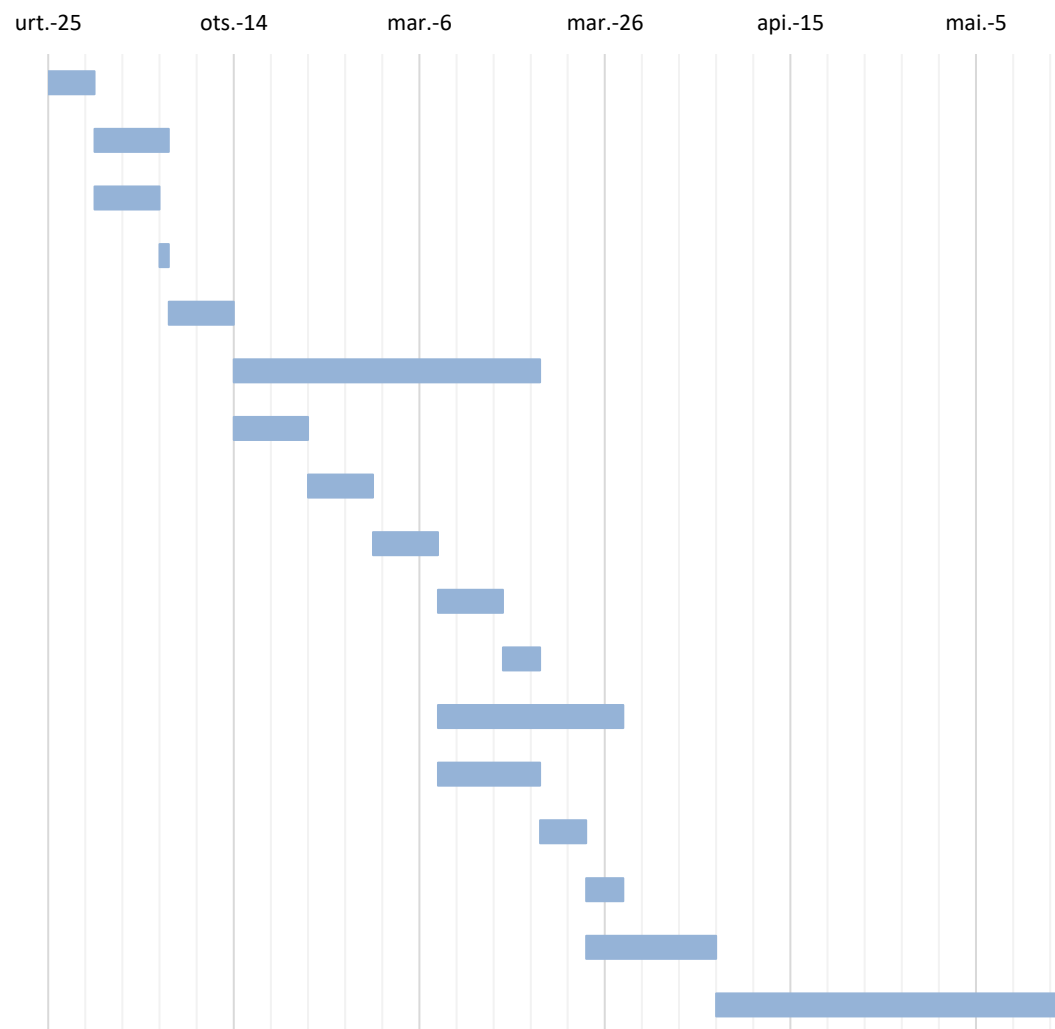
**Helburuak:** dokumentu nagusiaren ondorioak eta laburpena garatu. Horrekin batera, memoriaren zuzenketak eta egin daitezkeen hobekuntzak egin.

**Entregatzekoa:** behin betiko memoria.

---

Horrela izanda, aurreko zeregin bakoitza Gantt-en diagrama batean bildu da (ikus 55. irudia). Ekintza bakoitzari hasiera-data eta amaiera-data esleitu zaizkio, prozesuaren iraupena eta denbora tarte osoak Gantt-en diagraman adieraziz. Orotara, dokumentu nagusia idazteko 109 egun behar izan dira.

Eginkizunaren izena	Hasiera-data	Amaiera-data	Iraupena
1. Zeregina	25/01/2021	30/01/2021	5 egun
2. Zeregina	30/01/2021	07/02/2021	8 egun
2.1. Zeregina	30/01/2021	06/02/2021	7 egun
2.2. Zeregina	06/02/2021	07/02/2021	1 egun
3. Zeregina	07/02/2021	14/02/2021	7 egun
4. Zeregina	14/02/2021	19/03/2021	33 egun
4.1. Zeregina	14/02/2021	22/02/2021	8 egun
4.2. Zeregina	22/02/2021	01/03/2021	7 egun
4.3. Zeregina	01/03/2021	08/03/2021	7 egun
4.4. Zeregina	08/03/2021	15/03/2021	7 egun
4.5. Zeregina	15/03/2021	19/03/2021	4 egun
5. Zeregina	08/03/2021	28/03/2021	20 egun
5.1. Zeregina	08/03/2021	19/03/2021	11 egun
5.2. Zeregina	19/03/2021	24/03/2021	5 egun
5.3. Zeregina	24/03/2021	28/03/2021	4 egun
6. Zeregina	24/03/2021	07/04/2021	14 egun
7. Zeregina	07/04/2021	14/05/2021	37 egun



55. Irudia. Gantt-en diagrama

## 12. Ondorioak

---

Lan honetan, Portugaleteko Los Llanos kirolgunean eguzki-instalazio fotovoltaiko baten diseinua eta dimentsionamendua garatu da. Horren helburua, Basauriko Artunduaga kiroldegian oinarrituz, kontsumitutako energiaren ehuneko bat berriztagarria eta ekoizpen propioa egitea nahi izan da. Izatez, Portugaleteko Los Llanos kirolguneak eguzki-instalazio fotovoltaiko bat egiteko nahi adina leku duela ikusi izan da, hala nola frontoietan, padel pistako eta futbol-zelaiko aldageletan. Gainera, kirolgunea parke batean dagoela aipatu beharra dago, non inguruko etxebizitzek eta eraikinek sor ditzaketen itzak ez duten eraginik izango eguzki-panelen errendimenduan.

Bestaldek, Eusko Jaurlaritzak eskaintako Lanbide Heziketako online kurtsoei esker isolatutako eta sarera konektatutako eguzki-instalazioaren analisia garatzea posible izan da. 2020. urteko datuekin isolatutako eguzki-instalazioa bideraezina dela frogatu da, ez baitago espazio nahikorik eguzki-panel guztiak kokatzeko. Horretarako, sarera konektatutako autokontsumorako eguzki-instalazio bat da diseinatu da SketchUp programari esker. Horrela izanda, eguzki-instalazio fotovoltaikoaren elementu nagusien azterketa sakona egin da, hauen funtzionamendu egokia bermatzeko. Laburbilduz, eguzki-instalazioa 112 eguzki-panelez osatuta egongo litzateke, guztira 87,9 kWh-ko energia eskaria emateko gaitasuna izanik.

Aipatu beharra dago, eguzki-instalazioaren analisisian eta diseinuan, Portugaleteko udaletxeak eskaintako datuak 2020. urtekoak izan direla, hau da, COVID-19 pandemiaren urtekoak. Hortaz, aurreko urteekin konparatuz gero, martxorik aurrera lortutako emaitzak ez dira guztiz adierazgarriak izan. Berez, kirolguneako kontsumoa 2019. urtearekin alderatuta, 2020. urteko kontsumoa askoz baxuagoa izan zen. Baina hilabeterik txarrena urtarrila izan ohi da, eta urtarrilean COVID-19 pandemiaren konfinamendua oraindik ez zenez hasi, lan honen dimentsionamendurako erabilitako muturreko balioak egokitzen hartu dira lanean hasteko.

Bestalde, analisi ekonomikoari dagokionez, hau izan da lanaren lorpenik esanguratsuenetariko bat. Izan ere, errentagarritasunaren analisisian ekonomiako BEG eta BET tresnei esker, eguzki-instalazio fotovoltaikoa errentagarria dela baieztatu da.

Kontuan izan beharra dago, analisi ekonomikoan egindako kalkuluak gaur egungo tarifekin eginak daudela, hala nola urtero aldatu daitezkeen balioak. Panel fotovoltaiakoen prezioa ere urtero apur bat jaitsi egiten da, haien efizientzia hobetuz. Hortaz, tarifen eta osagaien prezioen aldaketa erlatiboa bada ere, errealitatetik ez da oso urruti egongo, energia fotovoltaiakoaren aldeko jarrera argia indartzeko moduan.

Lan-istripuak saihesteko, eguzki-instalazio fotovoltaiakoa egiteak suposatuko lituzkeen arriskuak planteatu dira, arrisku bakoitzaren azalpena eginik. Azalpenarekin batera, arrisku hauek gerta daitezkeen probabilitatea eta inpaktua aztertu da, oso probableak ez direnak baina bai inpaktu larria sortuko luketena. Azkenik, arazo hauei aurre egiteko modua adierazten duen kontingentzia-plana diseinatu da, non pertsonen segurtasuna bermatzen den.

Bukatzeko, lan honetan ikasketetako lau urte hauetan eskuratutako ezagutzak eta gaitasunak islatu dira, batez ere elektronikari eta ekonomiari esker lorturikoak. Gainera, graduako irakasgaiez gain, isolatutako eta sarera konektatutako eguzki-instalazio fotovoltaiakoa aztertzen, kalkulatzeko eta diseinatzeko ikasi da.

Beraz, dokumentu honetan egindako azterlanak kontuan hartuz, memoria hau etorkizunerako eguzki-instalazioak aztertzeko eta diseinatzeko gidaliburu bezala erabili ahal izango da.

## 13. Bibliografia

---

- [1] Roca, J. A. (2021). *Las energías renovables generan por primera vez más electricidad que los combustibles fósiles en Europa*. 2021eko urtarrilaren 27an.  
Iturria: <https://elperiodicodelaenergia.com/las-energias-renovables-generan-por-primera-vez-mas-electricidad-que-los-combustibles-fosiles-en-europa/>
- [2] Energya (2019). *Placas fotovoltaicas: ¿Qué importancia tendrán en el futuro?*. 2021eko urtarrilaren 26an.  
Iturria: <https://www.energyavm.es/placas-fotovoltaicas-que-importancia-tendran-en-el-futuro>
- [3] López de Benito, J. (2021). *La energía solar será la más barata en todo el mundo en 2030*. 2021eko urtarrilaren 27an.  
Iturria: <https://www.energynews.es/energia-solar-mas-barata-en-2030/>
- [4] Clínica Jurídica (2020). *La normativa de las placas solares 2019-2020*. 2021eko urtarrilaren 26an.  
Iturria: <https://clinica-juridica.com/normativa-placas-solares-2020/>
- [5] 15/2018 Errege Lege Dekretua, urriaren 5koa, *Trantsizio Energetikorako eta Kontsumitzaileen Babeserako Premiazko Neurriena*. Estatuko Aldizkari Ofiziala, 242, 2018ko urriaren 6a
- [6] 900/2015 Errege Dekretua, urriaren 9koa, *Energia elektrikoaren autokontsumoko hornidura-modalitateen eta autokontsumoko produkzio-modalitateen baldintza administratiboak, teknikoak eta ekonomikoak arautzen dituena*. Estatuko Aldizkari Ofiziala, 243, 2015eko urriaren 10a
- [7] Raposo, C. (2020). *El Ayuntamiento de Basauri instalará 784 paneles solares en varios edificios del polideportivo de Artunduaga*. 2021eko urtarrilaren 27an.  
Iturria: <https://www.elcorreo.com/bizkaia/nervion/ayuntamiento-basauri-instalara-20200723131544-nt.html>



- [8] Generval (2020). *Autoconsumo fotovoltaico: ventajas y desventajas*. 2021eko urtarrilaren 28an.  
Iturria: <https://www.generval.es/autoconsumo-fotovoltaico-ventajas-desventajas/>
- [9] Saclima Solar Fotovoltaiica (2017). *5 beneficios del autoconsumo fotovoltaico*. 2021eko urtarrilaren 28an.  
Iturria: <http://www.saclimafotovoltaiica.com/5-ventajas-autoconsumo/>
- [10] Heliotex (d.g.). *Automatic solar panel cleaning systems*. 2021eko urtarrilaren 28an.  
Iturria: <https://www.solarpanelcleaningsystems.com/>
- [11] Innovaspain (2020). *Las ventajas económicas de la energía solar fotovoltaica*. 2021eko urtarrilaren 28an.  
Iturria: <https://www.innovaspain.com/las-ventajas-economicas-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- [12] Taboada, I. (2020). *Talde lanaren argibideak*. Argitaratu gabeko materiala. 2021eko urtarrilaren 27an.  
Iturria: [https://egela.ehu.eus/pluginfile.php/4184300/mod\\_resource/content/7/Talde%20lanaren%20argibideak.pdf](https://egela.ehu.eus/pluginfile.php/4184300/mod_resource/content/7/Talde%20lanaren%20argibideak.pdf)
- [13] twenergy (2019). *¿Cómo funciona la energía solar fotovoltaica?*. 2021eko urtarrilaren 27an.  
Iturria: <https://twenergy.com/energia/energia-solar/como-funciona-energia-solar-fotovoltaica/>
- [14] Endef (2020). *Tipos de instalaciones solares fotovoltaicas: ¿Cómo encontrar mi instalación ideal?*. 2021eko otsailaren 10ean.  
Iturria: <https://endef.com/tipos-de-instalaciones-solares-fotovoltaicas-como-encontrar-la-ideal-para-mi/>
- [15] 244/2019 Errege Dekretua, apirilaren 5koa, "Produkzio-instalazioak eta autokontsumo-instalazioak likidatzeko subjektua" 14.8 eragiketa-prozeduraren

*eta "sistema doitzeko zerbitzuengatiko kobrantza-eskubideak eta ordainketa-betebeharra" 14.4 eragiketa-prozeduraren egokitzapena onartzen duena.*  
Estatuko Aldizkari Ofiziala, 297, 2019ko abenduaren 11a

- [16] E4e Soluciones (2020). *8 elementos que componen una instalación fotovoltaica*. 2021eko otsailaren 11an.  
Iturria: <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/8-elementos-que-componen-una-instalacion-fotovoltaica>
- [17] Planas O. (2019). *¿Cuál es la mejor ubicación, orientación e inclinación de los paneles solares?*. 2021eko otsailaren 13an.  
Iturria: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/ubicacion-de-los-paneles-solares>
- [18] Kuga Electrical (2019). *Optimum Solar Panel Angle: A Guide*. 2021eko otsailaren 13an.  
Iturria: <https://www.13kuga.com.au/solar-panel-orientation-vs-production/>
- [19] Ingelibre (2014). *Cálculo de la distancia mínima entre placas solares*. 2021eko otsailaren 13an.  
Iturria: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/18/calculo-de-la-distancia-minima-entre-placas-solares/>
- [20] Autosolar (2015). *¿Qué es un regulador de carga?*. 2021eko otsailaren 13an.  
Iturria: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>
- [21] Autosolar (2015). *¿Qué es un regulador PWM?*. 2021eko otsailaren 13an  
Iturria: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-pwm>
- [22] Autosolar (2018). *¿Cómo es un regulador de carga MPPT?*. 2021eko otsailaren 13an.  
Iturria: <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/como-es-un-regulador-de-carga-mppt>

- [23] Monsolar (d.g.). *Regulador BlueSolar VICTRON MPPT 150/45 para 12/24/36/48V Tr.* 2021eko otsailaren 13an.  
Iturria: <https://www.monsolar.com/regulador-blue-solar-victron-mppt-150-45-tr-mc4-para-12-24-48v.html>
- [24] MPPT Solar (d.g.). *Cómo funciona un inversor: esquema y funcionamiento.* 2021eko otsailaren 14an.  
Iturria: <https://www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html>
- [25] Alibaba (d.g.). *Inversor de potencia de 1500W.* 2021eko otsailaren 15ean  
Iturria: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1500w-power-inverters-vmade-in-china-inverter-and-solar-battery-inverters-60421147116.html>
- [26] Autosolar (2020). *Qué es una batería.* 2021eko otsailaren 12an  
Iturria: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-una-bateria>
- [27] AutoSolar (d.g.) *Batería GEL 12V 100Ah Tensite.* 2021eko otsailaren 15ean.  
Iturria: <https://autosolar.es/baterias-gel-12v/bateria-gel-12v-100ah-tensite>
- [28] Monsolar (d.g.). *Cable solar de 6 mm<sup>2</sup> de sección.* 2021eko otsailaren 11an.  
Iturria: <https://www.monsolar.com/cable-solar-flexible-cobre-rvk-1000v-doble-aislamiento.html>
- [29] 1663/2000 Errege Dekretua, irailaren 29ekoa, *Instalazio fotovoltaikoak behe-tentsioko sarera konektatzeari buruz.* Estatuko Aldizkari Ofiziala, 235, 2000ko urriaren 30a
- [30] BirthLH (d.g.). *Puesta a tierra de las instalaciones solares fotovoltaicas.* 2021eko otsailaren 14an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contentidos/website\\_24\\_puesta\\_a\\_tierra\\_de\\_las\\_instalaciones\\_solares\\_fotovoltaicas.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contentidos/website_24_puesta_a_tierra_de_las_instalaciones_solares_fotovoltaicas.html)

- [31] Grupo Selectra (2020). *¿Qué son los cuadros de protecciones para energía solar?*. 2021eko otsailaren 11an.  
Iturria: <https://elblogenergia.com/energia/energiasolar/cuadros-protecciones-energia-solar>
- [32] Deurbe Arquitectura (d.g.). *Zonas deportivas Los Llanos*. Argitaratu gabeko materiala
- [33] Portugaleteko Udala (d.g.). *Murales y cuadros de luz*. 2021eko urtarilaren 30ean.  
Iturria: [http://www.portugalete.org/es-ES/VivirenPortugalete/Medio-Ambiente/Paginas/Medioambiente\\_Muralesycuadrosdeluz.aspx?album=1683](http://www.portugalete.org/es-ES/VivirenPortugalete/Medio-Ambiente/Paginas/Medioambiente_Muralesycuadrosdeluz.aspx?album=1683)
- [34] ENTE VASCO DE LA ENERGÍA, IKERLAN S.A. (1999). Hitzaurrea. EVE, (3. Argitaraldia), *ATLAS DE RADIACION SOLAR DEL PAIS VASCO* (5. or.). Bilbo
- [35] European Commission (2019). *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. 2021eko otsailaren 9an.  
Iturria: <https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/pvgis>
- [36] Santos Pera, J. A. eta Perez Manso, A. (2008). 6. Kapitulu: Proiektuaren Sormena edo Bideragarritasuna. Proiektuaren Analisia eta Aukeratzea. *Proiektuen Kudeaketa* (98. or.). Bilbo
- [37] AutoSolar (d.g.). *Panel JA Solar 450W 24V Monocristalino Perc*. 2021eko otsailaren 1ean.  
Iturria: <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-ja-solar-450w-24v-monocristalino-perc>
- [38] Artesolar (2020). *¿En qué se diferencia los paneles monocristalinos y policristalinos?* 2021eko otsailaren 1ean.  
Iturria: <https://www.artesolarfotovoltaica.com/diferencias-entre-monocristalinos-y-policristalinos/>
- [39] AutoSolar (d.g.). *Panel Solar 340W 24V Policristalino ERA*. 2021eko otsailaren 1ean.

Iturria: <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-340w-24v-policristalino-era>

[40] Efimarket (2015). *¿Cómo elegir un panel solar?*. 2021eko otsailaren 1ean.  
Iturria: <https://www.efimarket.com/blog/como-elegir-un-panel-solar/>

[41] DamiaSolar (2016). *¿Qué regulador solar necesito?*. 2021eko otsailaren 2an.  
Iturria: [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito_1)

[42] AutoSolar (d.g.). *Regulador 48V 50A PWM Must Solar*. 2021eko otsailaren 2an.  
Iturria: <https://autosolar.es/reguladores-de-carga-pwm/regulador-48v-50a-pwm-must-solar>

[43] AutoSolar (d.g.). *Regulador 12V / 24V / 48V 80A MPPT Must Solar*. 2021eko otsailaren 2an.  
Iturria: <https://autosolar.es/reguladores-de-carga-mppt/regulador-12v-24v-48v-80a-mppt-must-solar>

[44] AutoSolar (2018). *¿Regulador MPPT o PWM?*. 2021eko otsailaren 2an.  
Iturria: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/regulador-mppt-o-pwm>

[45] Ecofener (2017). *¿Qué son los reguladores de carga solar y cómo elegir el adecuado para cada instalación?*. 2021eko otsailaren 2an.  
Iturria: <https://ecofener.com/blog/que-son-reguladores-carga-solar-instalacion/>

[46] AutoSolar (d.g.). *Inversor Red Trifásico 50kW Riello Sirio TL 50*. 2021eko martxoaren 4an.  
Iturria: <https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-red-trifasico-50kw-riello-sirio-tl-50>

- [47] AutoSolar (d.g.). *Inversor Híbrido 5kW Growatt SPH5000*. 2021eko otsailaren 3an.  
Iturria: <https://autosolar.es/inversores-hibridos/inversor-hibrido-5kw-growatt-sph5000>
- [48] Autosolar (2018). *¿Qué diferencia a un inversor solar de otro?*. 2021eko otsailaren 3an.  
Iturria: <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-diferencia-a-un-inversor-solar-de-otro>
- [49] Ojeda, G. (2020). *Baterías para placas solares: Funcionamiento y Mejores marcas*. 2021eko otsailaren 4an.  
Iturria: <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/baterias-solares>
- [50] AutoSolar (d.g.). *Batería Estacionaria 600Ah 6V Ultracell UZS600-6*. 2021eko otsailaren 4an.  
Iturria: <https://autosolar.es/baterias-estacionarias/bateria-estacionaria-600ah-6v-ultracell-uzs600-6>
- [51] AutoSolar (d.g.). *Batería Litio 48V BYD B-Box Premium LVS 3.8kWh*. 2021eko otsailaren 4an.  
Iturria: <https://autosolar.es/baterias-litio-48v/bateria-litio-48v-byd-b-box-premium-lvs-38kwh>
- [52] SunFields (d.g.). *Conceptos sobre baterías solares*. 2021eko otsailaren 4an.  
Iturria: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-fotovoltaicos-baterias-solares-parte-iii/>
- [53] BirthLH (d.g.). *Diseño y dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos*. 2021eko otsailaren 16ean.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/website\\_11\\_diseo\\_y\\_dimensionado\\_de\\_sistemas\\_fotovoltaicos\\_autnomos.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_11_diseo_y_dimensionado_de_sistemas_fotovoltaicos_autnomos.html)

- [54] BirthLH (d.g.). *Rendimiento global y Energía requerida*. 2021eko otsailaren 17an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contentidos/website\\_12\\_rendimiento\\_global\\_y\\_energa\\_requerida.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contentidos/website_12_rendimiento_global_y_energa_requerida.html)
- [55] BirthLH (d.g.). *Subsistema de generación*. 2021eko otsailaren 17an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contentidos/website\\_13\\_subsistema\\_de\\_generacin.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contentidos/website_13_subsistema_de_generacin.html)
- [56] BirthLH (d.g.). *Determinación de la Potencia Pico del subsistema generador*. 2021eko otsailaren 17an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contentidos/website\\_131\\_determinacin\\_de\\_la\\_potencia\\_pico\\_del\\_subsistema\\_generador.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contentidos/website_131_determinacin_de_la_potencia_pico_del_subsistema_generador.html)
- [57] BirthLH (d.g.). *Cálculo del número de paneles y diseño del conexionado*. 2021eko otsailaren 18an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contentidos/website\\_133\\_clculo\\_del\\_nmero\\_de\\_paneles\\_y\\_diseo\\_del\\_conexionado.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contentidos/website_133_clculo_del_nmero_de_paneles_y_diseo_del_conexionado.html)
- [58] BirthLH (d.g.). *Determinación del número de paneles y conexionado para el proyecto*. 2021eko otsailaren 18an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contentidos/website\\_134\\_determinacin\\_del\\_nmero\\_de\\_paneles\\_y\\_conexionado\\_para\\_el\\_proyecto.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contentidos/website_134_determinacin_del_nmero_de_paneles_y_conexionado_para_el_proyecto.html)
- [59] Brown, G. (2019). *Solar Panel Wiring Basics: An Intro to How to String Solar Panels*. 2021eko otsailaren 22an.  
Iturria: <https://blog.aurorasolar.com/solar-panel-wiring-basics-an-intro-to-how-to-string-solar-panels/>

- [60] BirthLH (d.g.). *Subsistema de acumulación*. 2021eko otsailaren 19an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/website\\_14\\_subsistema\\_de\\_acumulacin.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_14_subsistema_de_acumulacin.html)
- [61] Climate Data (2021). *Portugalete Clima (España)*. 2021eko otsailaren 19an.  
Iturria: <https://es.climate-data.org/europe/espana/pais-vasco/portugalete-29067/>
- [62] BirthLH (d.g.). *Cálculo del número de baterías y diseño del conexionado*. 2021eko otsailaren 19an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/website\\_142\\_clculo\\_del\\_nmero\\_de\\_bateras\\_y\\_diseo\\_del\\_conexionado.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_142_clculo_del_nmero_de_bateras_y_diseo_del_conexionado.html)
- [63] BirthLH (d.g.). *Subsistema de regulación*. 2021eko otsailaren 20an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/website\\_15\\_subsistema\\_de\\_regulacin.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_15_subsistema_de_regulacin.html)
- [64] BirthLH (d.g.). *Dimensionado del subsistema regulador en un proyecto*. 2021eko otsailaren 20an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/website\\_151\\_dimensionado\\_del\\_subsistema\\_regulador\\_en\\_un\\_proyecto.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_151_dimensionado_del_subsistema_regulador_en_un_proyecto.html)
- [65] BirthLH (d.g.). *Subsistema de acondicionamiento de potencia*. 2021eko otsailaren 20an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es\\_IEA\\_ISF06\\_Contenidos/website\\_152\\_subsistema\\_de\\_acondicionamiento\\_de\\_potencia.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_152_subsistema_de_acondicionamiento_de_potencia.html)
- [66] BirthLH (d.g.). *Diseño y dimensionado de sistema fotovoltaicos conectados a red*. 2021eko otsailaren 23an.  
Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_153\\_diseo\\_y\\_dimensionado\\_de\\_sistema\\_fotovoltaicos\\_conectados\\_a\\_red.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_153_diseo_y_dimensionado_de_sistema_fotovoltaicos_conectados_a_red.html)



dos/website\_21\_diseño\_y\_dimensionado\_de\_sistemas\_fotovoltaicos\_conectados\_a\_red.html

- [67] SketchUp (d.g.). *SketchUp: Software de diseño 3D*. 2021eko otsailaren 24an.

Iturria: <https://www.sketchup.com/es>

- [68] BirthLH (d.g.) *Análisis de la ubicación física de la instalación*. 2021eko otsailaren 23an.

Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_22\\_analisis\\_de\\_la\\_ubicacion\\_fisica\\_de\\_la\\_instalacion.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_22_analisis_de_la_ubicacion_fisica_de_la_instalacion.html)

- [69] BirtLH (d.g.). *Cálculo de la separación de las filas de paneles para evitar sombras*. 2021eko otsailaren 25ean.

Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_221\\_calculo\\_de\\_la\\_separacion\\_de\\_las\\_filas\\_de\\_paneles\\_para\\_evitar\\_sombras.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_221_calculo_de_la_separacion_de_las_filas_de_paneles_para_evitar_sombras.html)

- [70] Casellas, E. (2020). *¿Cuál es el día más corto del año? ¿Por qué hau menos horas de sol?*. 2021eko otsailaren 25ean.

Iturria: <https://www.mundodeportivo.com/actualidad/20201220/491191317140/cual-es-el-dia-mas-corto-ano-por-que-menos-horas-sol-act-pau.html>

- [71] Ingelibre (2014). *Inclinación óptima de placas fotovoltaicas*. 2021eko otsailaren 25ean.

Iturria: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/09/inclinacion-optima-de-placas-fotovoltaicas/>

- [72] Skelion (d.g.). *Sketchup Skelion solar design plugin renewable energy*. 2021eko otsailaren 25ean.

Iturria: <http://skelion.com/>

- [73] BirthLH (d.g.) *Elección y estudio del comportamiento del panel para el campo solar*. 2021eko otsailaren 27an.

Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_23\\_eleccion\\_y\\_estudio\\_del\\_comportamiento\\_del\\_panel\\_para\\_el\\_campo\\_solar.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_23_eleccion_y_estudio_del_comportamiento_del_panel_para_el_campo_solar.html)

dos/website\_23\_eleccin\_y\_estudio\_del\_comportamiento\_del\_panel\_para\_el\_campo\_solar.html

- [74] BirthLH (d.g.). *Comportamiento del panel en condiciones de trabajo no estándar*. 2021eko martxoaren 1ean.

Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_232\\_comportamiento\\_del\\_panel\\_en\\_condiciones\\_de\\_trabajo\\_no\\_estndar.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_232_comportamiento_del_panel_en_condiciones_de_trabajo_no_estndar.html)

- [75] BirthLH (d.g.). *Elección y análisis de la integración del inversor con el campo solar del inversor*. 2021eko martxoaren 1ean.

Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_24\\_eleccin\\_y\\_anlisis\\_de\\_la\\_integracin\\_del\\_inversor\\_con\\_el\\_campo\\_solar\\_del\\_inversor.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_24_eleccin_y_anlisis_de_la_integracin_del_inversor_con_el_campo_solar_del_inversor.html)

- [76] BirthLH (d.g.). *Cableado de las instalaciones solares fotovoltaicas puestas a red*. 2021eko martxoaren 6an.

Iturria: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_25\\_cableado\\_de\\_las\\_instalaciones\\_solares\\_fotovoltaicas\\_puestas\\_red.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_25_cableado_de_las_instalaciones_solares_fotovoltaicas_puestas_red.html)

- [77] Recio Maíllo, L. (2019). *Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 5 kW para autoconsumo*. 2021eko martxoaren 6an.

Iturria: <https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-5-kw-para-autoconsumo/>

- [78] Tolocka, E. (2019). *Entendiendo las curvas de disparo de los interruptores automáticos*. 2021eko martxoaren 7an.

Iturria: <https://www.profetolocka.com.ar/2019/04/18/entendiendo-las-curvas-de-disparo-de-los-interruptores-automaticos/>

- [79] Grupo Selectra (2021). *Normativa sobre placas solares: compensación y trámites*. 2021eko martxoaren 18an.

Iturria: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/normativa>

- [80] ManoMano (d.g.). *Cable solar AR H1Z2Z2-K (AS) 1x10 mm<sup>2</sup> Negro (por metros)*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: <https://www.manomano.es/catalogue/p/cable-solar-ar-h1z2z2-k-as-1x10-mm2-negro-por-metros-28124114>
- [81] ManoMano (d.g.). *Cable solar AR H1Z2Z2-K (AS) 1x10 mm<sup>2</sup> Rojo (por metros)*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: <https://www.manomano.es/catalogue/p/cable-solar-ar-h1z2z2-k-as-1x10-mm2-rojo-por-metros-28124112>
- [82] ManoMano (d.g.). *Cable libre de halógenos 10mm 1000V por metros RZ1-K AS*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: <https://www.manomano.es/catalogue/p/cable-libre-de-halogenos-10mm-1000v-por-metros-rz1-k-as-9143722>
- [83] Bax Music (d.g.). *Procab BTC50U/1 cable por metro*. 2021eko martxoaren 18an.  
Iturria: <https://www.bax-shop.es/cables-de-datos-por-metros-o-rollos/procab-bct50u-1-cable-de-datos-por-metro>
- [84] AutoSolar (d.g.). *Estructura Inclínada 30° 1 Panel 72C CVE*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: <https://autosolar.es/estructuras-suelo/estructura-inclinada-30o-1-panel-72c-cve>
- [85] AutoSolar (d.g.). *Estructura Fachada 1 Panel WV915 30-35°*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: <https://autosolar.es/estructuras-sobre-pared/estructura-fachada-1-panel-wv915-30-35o>
- [86] AutoSolar (d.g.). *Estructura Inclínada Horizontal 30° 1 Panel CHE*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: <https://autosolar.es/estructuras-suelo/estructura-inclinada-horizontal-30o-1-panel-che>

- [87] Transworld 2000 (d.g.). *Fusibles UTE cilindricos*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: [https://www.tw2000.es/es/fusibles-electricos/fusibles-cilindricos-308.html#/326-curva-gg/320-medidas-14x51\\_mm/63-intensidad-12\\_amp](https://www.tw2000.es/es/fusibles-electricos/fusibles-cilindricos-308.html#/326-curva-gg/320-medidas-14x51_mm/63-intensidad-12_amp)
- [88] Transworld 2000 (d.g.). *Portafusibles PV*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: [https://www.tw2000.es/es/componentes-y-equipos-de-energia-solar/portafusibles-pv-374.html#/320-medidas-14x51\\_mm](https://www.tw2000.es/es/componentes-y-equipos-de-energia-solar/portafusibles-pv-374.html#/320-medidas-14x51_mm)
- [89] ManoMano (d.g.). *Interruptor Automatico C120N 4P 80A Schneider Curva C A9N18372*. 2021eko martxoaren 18an.  
Iturria: <https://www.manomano.es/catalogue/p/interruptor-magnetotrmico-schneider-electrica9n18372-c120n-4p-80a-c-10000a-415v-31116194>
- [90] Ruíz García, M. (2020). *¿Qué es el diferencial eléctrico, cuántos tipos hay y cómo funcionan?*. 2021eko martxoaren 18an.  
Iturria: <https://selectra.es/energia/info/que-es/interruptor-diferencial>
- [91] GroupSumi (d.g.). *Interruptor diferencial IID 4P 80A 300mA clase -AC-Schneider Electric*. 2021eko martxoaren 17an.  
Iturria: <https://groupsumi.com/automaticos-diferenciales-y-proteccion-electrica/3375-A9R14480-interruptor-diferencial-iid-4p-80a-300ma-clase-ac-schneider-electric-3606480089398.html>
- [92] Grupo Selectra (2021). *Cómo funciona el contador bidireccional en una instalación fotovoltaica*. 2021eko martxoaren 19an.  
Iturria: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/componentes/contador-bidireccional>
- [93] RS Components (d.g.). *Medidor digital de energía Schneider Electric serie Acti 9 iEM300, display LCD, con 9 dígitos, 3 fases*. 2021eko martxoaren 18an.  
Iturria: <https://es.rs-online.com/web/p/medidores-de-energia/9139712/>
- [94] Mateu, C. (2019). *Ejemplos prácticos de rentabilidad del autoconsumo solar fotovoltaico*. 2021eko martxoaren 20an.

Iturria: <https://suelosolar.com/noticias/autoconsumo-fotovoltaica/espana/25-9-2019/ejemplos-practicos-rentabilidad-autoconsumo-solar-fotovoltaico>

- [95] Renewable Energy Magazine (2019). *Ya hay precio para el excedente de energía vertida a red por los autoconsumidores*. 2021eko martxoaren 20an.  
Iturria: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/ya-hay-precio-para-el-excedente-de-20190514>
- [96] eSios (d.g.). *eSios - Red Eléctrica de España*. 2021eko martxoaren 20an.  
Iturria: <https://www.esios.ree.es/es>
- [97] Grupo Selectra (2021). *Autoconsumo con excedentes: ¿compensación simplificada o venta de energía?*. 2021eko martxoaren 20an.  
Iturria: <https://selectra.es/autoconsumo/info/tarifas>
- [98] Gizapedia (d.g.). *Balio Eguneratu Garbia (BEG)*. 2021eko martxoaren 27an.  
Iturria: <https://gizapedia.hirusta.io/balio-eguneratu-garbia-beg/>
- [99] Gizapedia (d.g.). *Barne Errendimendu Tasa (BET)*. 2021eko martxoaren 27an.  
Iturria: <https://gizapedia.hirusta.io/barne-errendimendu-tasa/>
- [100] Euskenergy (2020). *Cuál es la vida útil de los paneles solares*. 2021eko martxoaren 24an.  
Iturria: <https://euskenergy.com/cual-es-la-vida-util-de-los-paneles-solares/>
- [101] Andreu, F. (2013). *Análisis económico de un proyecto de autoconsumo solar*. 2021eko martxoaren 27an.  
Iturria: <https://solartradex.com/blog/analisis-economico-de-un-proyecto-de-autoconsumo-solar/>
- [102] Ramírez Segura, N. (2021). *Medidas de seguridad para realizar instalaciones fotovoltaicas*. 2021eko apirilaren 5ean.

Iturria: <https://aprende.com/blog/oficios/energia-solar/medidas-de-seguridad-para-realizar-instalaciones-fotovoltaicas/>

[103] CPM Solar (2019). *3 grandes riesgos de paneles solares y como evitarlos*. 2021eko apirilaren 5ean.

Iturria: <https://cpmsolar.com/2019/09/24/tres-grandes-riesgos-de-instalar-paneles-solares-en-mexico-y-como-evitarlos/>